

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра Автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 - Автоматизация технологических
процессов и производств
Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в
энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко
« 06 » июля 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Разработка имитационных моделей систем управления движением
(комплексная выпускная квалификационная работа)

Исполнитель студент группы 64106	 02.07.2020 (подпись, дата)	Т.А. Дорофеева
Руководитель Доцент кафедры АПИ и Э, канд. техн. наук	 02.07.2020 (подпись, дата)	А.Н. Рыбалёв
Консультант по безопасности и экологичности доцент, канд. физ.- мат. наук	 02.07.2020 (подпись, дата)	В.И. Аверьянов
Нормоконтроль профессор, д-р техн. наук	 04.07.2020 (подпись, дата)	О.В. Скрипко

Благовещенск 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко

« 06 » июня 2020 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента 641 Дорощевой Татьяны Александровны

1. Тема выпускной квалификационной работы: Разработка имитационных моделей систем управления движением (комплексная выпускная квалификационная работа)

(утверждена приказом от 30.04.2020 № 814-у/д)

2. Срок сдачи студентом законченной работы: 1 июля 2020 года

3. Исходные данные к курсовому проекту: 1) ФГОС направления подготовки

бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств, 2) Учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств.

4. Содержание курсовой работы (перечень подлежащих разработке вопросов):

- 1) Исследование и описание физических моделей;
- 2) Построение имитационных моделей;
- 3) Разработка программ управления и экранов визуализации.

5. Перечень материалов приложения (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.):

ПРИЛОЖЕНИЕ А - техническое задание

Лист 1 – Лабораторный стенд «Пневматические исполнительные механизмы»

Лист 2 – Имитационная модель руки

Лист 3 – Simulink модель руки

Лист 4 – Simulink модель руки

Лист 5 – Программа автоматической работы лабораторного стенда «Пневматические исполнительные механизмы»

Лист 6 – Создание 3D-модели руки в SolidWorks

6. Дата выдачи задания 10.03.2020

Руководитель выпускной квалификационной работы Рыбалев Андрей Николаевич, доцент кафедры АПП и Э, канд. техн. наук,

Задание принял к исполнению (дата) 10.03.2020


(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 65 с., 48 рисунков, 1 таблицу, 15 источников.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ, СИСТЕМА ИМИТАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ, СТАНДАРТ ОРС.

Объекты для разработки проекта представлены в виде математических моделей, которые практически полностью реализуют необходимые свойства реальных объектов. Цель работы заключается в проектировании имитационных моделей систем управления АСУ ТП. Такая система включает в себя: модель объекта; управляющую программу; экран визуализации. Метод, рассмотренный в дипломном проекте, позволяет отказаться от физического объекта и программируемого логического контроллера, они реализованы в виде программ, разных классов и типов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Технология имитационного моделирования систем управления движением	9
1.1 Концепция	9
1.2 Разработка 3D-модели в SolidWorks	10
1.3 Пакет Simscape Multibody Link	12
1.4 Экспорт 3D-модели в Simscape Multibody Link	16
1.5 Разработка программы CodeSys для виртуального пакета	17
1.6 Запуск OPC сервера и его настройка	22
2 Использование имитационного моделирования в учебном процессе	29
2.1 Лабораторный стенд «Пневматические исполнительные механизмы»	29
2.2 Действия при выполнении лабораторной работы на стенде	33
2.4 Имитационная модель лабораторного стенда «Пневматические исполнительные механизмы»	41
2.4.1 Имитационная модель руки лабораторного стенда	41
2.4.2 Программа управления движением	45
3 Безопасность жизнедеятельности	47
3.1 Организация рабочего места оператора (компоновка, основные размеры стола/стула/доп. мест размещения оргтехники, расстояния до соседних рабочих мест, ориентация относительно световых проемов, опираясь на СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)	47
3.1.1 Расчет искусственного освещения	48
3.2 Инструкция по технике безопасности при выполнении работ на стенде (на основе типовой разработать адаптированную с учетом специфики стенда и выполняемых на нем операций/действий)	54
3.3 Общие требования безопасности к лабораторному стенду	56

3.3.1 Требования безопасности перед началом работы	57
3.3.2 Требования безопасности во время работы	58
3.3.3 Требования безопасности по окончании работы	59
3.3.4 Требования безопасности в аварийных ситуациях	59
Заключение	62
Библиографический список	63
Приложения А	65

ВВЕДЕНИЕ

Разработка АСУ современных технологических процессов – сложная и ответственная задача, решение которой производится в несколько этапов: от составления математической модели до проектирования человеко-машинного интерфейса. В нашем дипломном проекте будет фигурировать имитационное управление систем движения. Имитационное моделирование – метод исследования объектов, основанный на том, что изучаемый объект заменяется имитирующим объектом. С имитирующим объектом проводят эксперименты (не прибегая к экспериментам на реальном объекте) и в результате получают информацию об изучаемом объекте. Имитирующий объект при этом является информационным объектом. Цель имитационного моделирования – получение приближенных знаний о некотором параметре объекта, не производя непосредственное измерение его значений. Понятно, что это необходимо тогда и только тогда, когда измерение невозможно, или оно стоит дороже проведения имитации. При этом для изучения этого параметра мы можем пользоваться другими известными параметрами объекта и моделью его конструкции. Допуская, что модель конструкции достаточно точно описывает объект, предполагается, что полученные в ходе имитации статистические распределения значений параметра моделирующего объекта будут в той или иной степени совпадать с распределением значений параметра реального объекта.

Задачи которые нам нужно решить:

- имитационное моделирование технологического процесса в различных режимах работы при воздействиях, программно формируемых управляющей аппаратурой и средствами человеко-машинного интерфейса;
- отладка технологических программ;
- выбор наиболее удобных для пользователя средств визуализации технологического процесса и способов формирования управляющих воздействий.

Оперативный персонал задействует программный комплекс на этапе настройки АСУ ТП, а также в целях обучения.

Кроме того, разрабатываемая система, безусловно, будет весьма полезна в учебном процессе по образовательным программам, предусматривающие изучение дисциплин, связанных с проектированием АСУ ТП.

В рамках единого комплекса предлагается задействовать программные средства разных производителей и классов:

- система имитационного моделирования – для построения моделей технологического процесса;

- система класса PC-based controller – для программной реализации алгоритмов управления на языках программирования промышленных контроллеров;

- SCADA-система (supervisory control and data acquisition – система диспетчерского управления и сбора данных) – для визуализации технологических процессов и оперативного управления.

Перечисленные программные средства предназначены для исследования и разработки компонентов АСУ ТП, но, используемые по отдельности, не могут решать перечисленные выше задачи.

Для построения прототипа было решено использовать следующие программные продукты:

- MathWorks[®] MATLAB[®], Simulink[®] (среда имитационного моделирования);

- 3S-Smart Software[®] CODESYS[®] (PC-эмулятор ПЛК SP PLCWinN, OPC-сервер);

Выбор данных программ обусловлен опытом их применения в учебном процессе.

1 ТЕХНОЛОГИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

Понятие «компьютерного моделирования» в сфере информационных технологий относительно ново и связано со становлением и выделением относительно традиционного моделирования с помощью ЭВМ (последние - это, как правило, функционально-ориентированные автоматизированные системы поддержки математического и других видов моделирования, реализуемые обычно как системы библиотечного типа) двух современных видов компьютерного моделирования : структурно-функционального и имитационного. Компьютерное моделирование – эффективный метод решения задач анализа и синтеза сложных систем. Методологической основой компьютерного моделирования является системный анализ (в то время, как у моделирования на ЭВМ – те или иные разделы теории математических моделей). В мире информационных технологий имитационное моделирование переживает второе рождение. Интерес к этому виду компьютерного моделирования оживился в связи с существенным технологическим развитием систем моделирования, которые на сегодняшний день являются мощным аналитическим средством, вобравшим в себя весь арсенал новейших информационных технологий, включая развитые графические оболочки для целей конструирования моделей и интерпретации выходных результатов моделирования, мультимедийные средства и видео, поддерживающие анимацию в реальном масштабе времени, объектно-ориентированное программирование.

1.1 Концепция

Концепция состоит в том, что у нас имеется объект ,имитационную модель движения которого нужно создать. Для этого в программе SOLIDWORKS создаем 3D-модель каждого элемента этой системы и в последующем объединить их в сборку. После с помощью Simscape Multibody Link мы экспортируем 3D-модель объекта (в виде сборки ее

элементов) в MatLab и получаем Simulink модель, настраиваем ее и в приложении CoDeSys пишем для нее программу, с помощью которой будем управлять движением имитационной модели объекта. Для того чтобы заставить работать вместе Simulink модель и программу из CoDeSys, используем OPC сервер. Так же программу из CoDeSys нужно занести в ПЛК (в нашем случае мы используем PC-эмулятор ПЛК SP PLCWinN). Схема концепции изображена на рисунке 1.

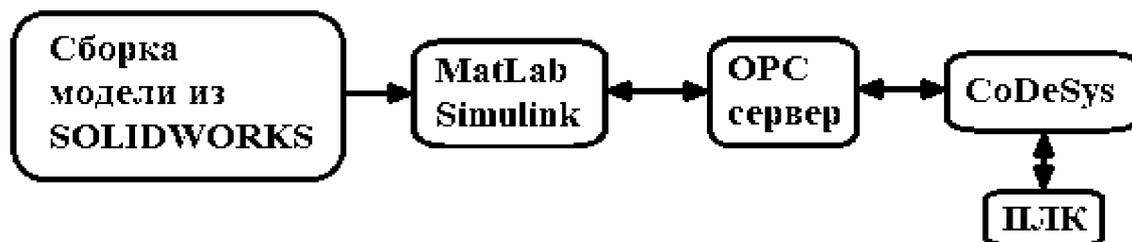


Рисунок 1 – Схема концепции

1.2 Разработка 3D-модели в SolidWorks

Несмотря на большие возможности Simscape Multibody Link, смоделировать сложную механическую систему очень сложно. Это связано с необходимостью определять тензоры моментов инерции элементов, учитывать координаты их расположения и т.д. Для упрощения моделирования в среде Simscape Multibody Link, компания MATHWORKS разработала специализированный CAD-транслятор, обеспечивающий создание динамических моделей механизмов в среде Simscape Multibody Link на основе их твердотельных моделей разработанных в CAD-системах (напр., SolidWorks). При применении CAD-транслятора тензоры моментов инерции и присоединительные размеры передаются из CAD-системы в Simscape Multibody Link без изменений, при этом, работоспособность моделей проверяется в CAD-системе посредством установления правильных связей между деталями механизма. Такой подход значительно облегчает задачу и расширяет возможности имитационного моделирования мехатронных систем.

Solidworks – программный комплекс САПР предназначенный для автоматизации этапов подготовки производства. Основной задачей Solidworks является работа с 3D моделями, именно о них и будет идти речь.

Для примера представим, что у нас есть какое-то основание и на нем куб, который двигается по двум осям X и Y. Разделив модель объекта по частям, имеем два объекта куб, представленный на рисунке 2 и основание, представленное на рисунке 3 из которых состоит модель. Эти объекты объединяем в сборку, представленную на рисунке 4.

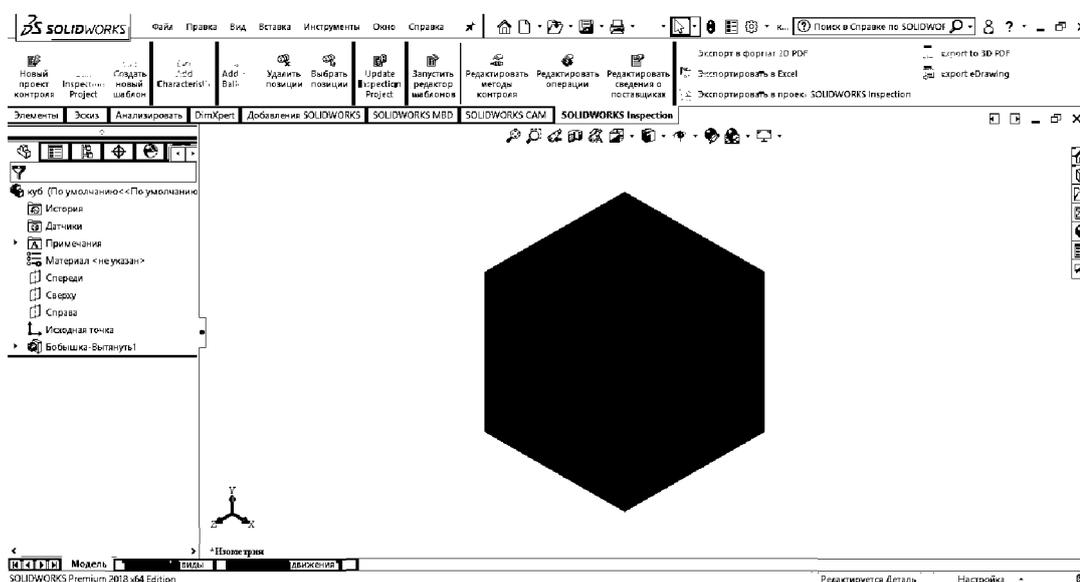


Рисунок 2 – 3D-модель куба

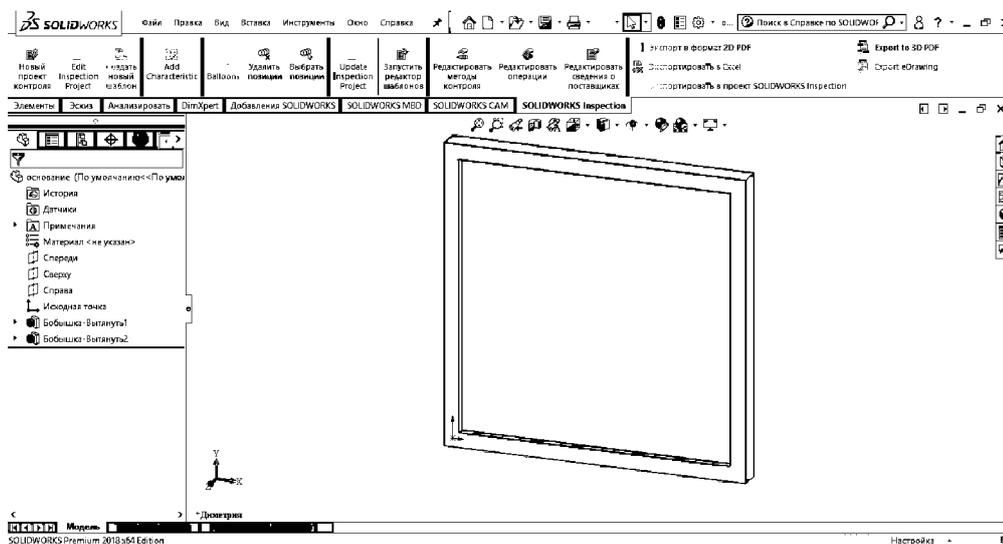


Рисунок 3 – 3D-модель основания

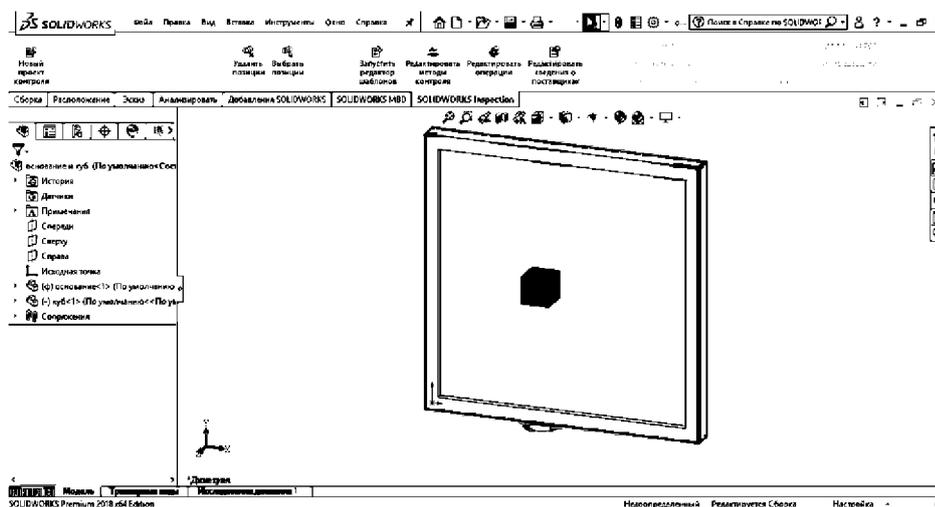


Рисунок 4 – 3D-модель сборки

1.3 Пакет Simscape Multibody Link

Simscape Multibody Link входит в программный комплекс имитационного моделирования Simulink системы MATLAB и позволяет моделировать сложные физические системы с помощью ненаправленных сигнальных графов. При этом, в инструментальной базе Simscape Multibody Link имеются блоки, посредством которых можно организовать взаимодействие разработанной модели (передачу и прием сигналов) с другими компонентами библиотеки Simulink. Это дает возможность моделировать мехатронные и робототехнические системы, транспортные средства, летательные аппараты, производственное оборудование, до того, как будет начато их производство.

1) Необходимо с официального сайта MATHWORKS скопировать дистрибутив Simscape Multibody Link – CAD транслятор для системы SolidWorks. При этом версия дистрибутива должна соответствовать версии Matlab. Необходимо также скопировать установочный файл `install_addon.m`;

2) Запустить Matlab. Если используется операционная система Windows 7, то Matlab должен быть запущен с правами администратора. Для этого в свойствах файла (ярлыка на рабочем столе) MATLAB.exe на вкладке

«Совместимость» необходимо выбрать опцию «Выполнять эту программу от имени администратора»;

3) Из системы MatLab открыть установочный m-файл – `install_addon.m`. После этого запустится программа «Editor», предназначенная для создания и редактирования m-файлов среды Matlab и откроется диалоговое окно редактирования функции `install_addon`;

4) В главном меню «Editor» выбрать: `Debug – Run Configuration for install_addon.m – Edit Run for install_addon.m`;

5) В появившемся диалоговом окне «Edit M-File Configurations» прописать:

```
% Modify expression to add input arguments. % Example: % a = [1 2 3; 4 5 6]; % foo(a);
```

```
install_addon(указать полный путь архива, например: 'C:\Documents and Settings\student\Рабочий стол\Матлаб\smlink31.win32.zip')
```

6) Запустить M-File, путём нажатия кнопки Run;

7) Далее в окне Windows нажать кнопку Пуск – Выполнить – ввести `cmd`;

8) В командной оболочке ввести: `matlab-regserver`;

9) В окне консоли MatLab Command Window ввести: `regmatlabserver`;

10) В окне Command Window MatLab ввести: `enableservice('AutomationServer',true)`. Ответ должен быть 1, если `ans =0`, то необходимо ещё раз ввести `enableservice('AutomationServer',true)`;

11) В окне Command Window MatLab ввести: `smlink_linksw`. В положительном результате должно появиться сообщение об успешной регистрации.

В Simscape Multibody Link есть блоки, находящиеся в библиотеке Simulink, представленные на рисунке 5, с помощью которых наша модель может работать .

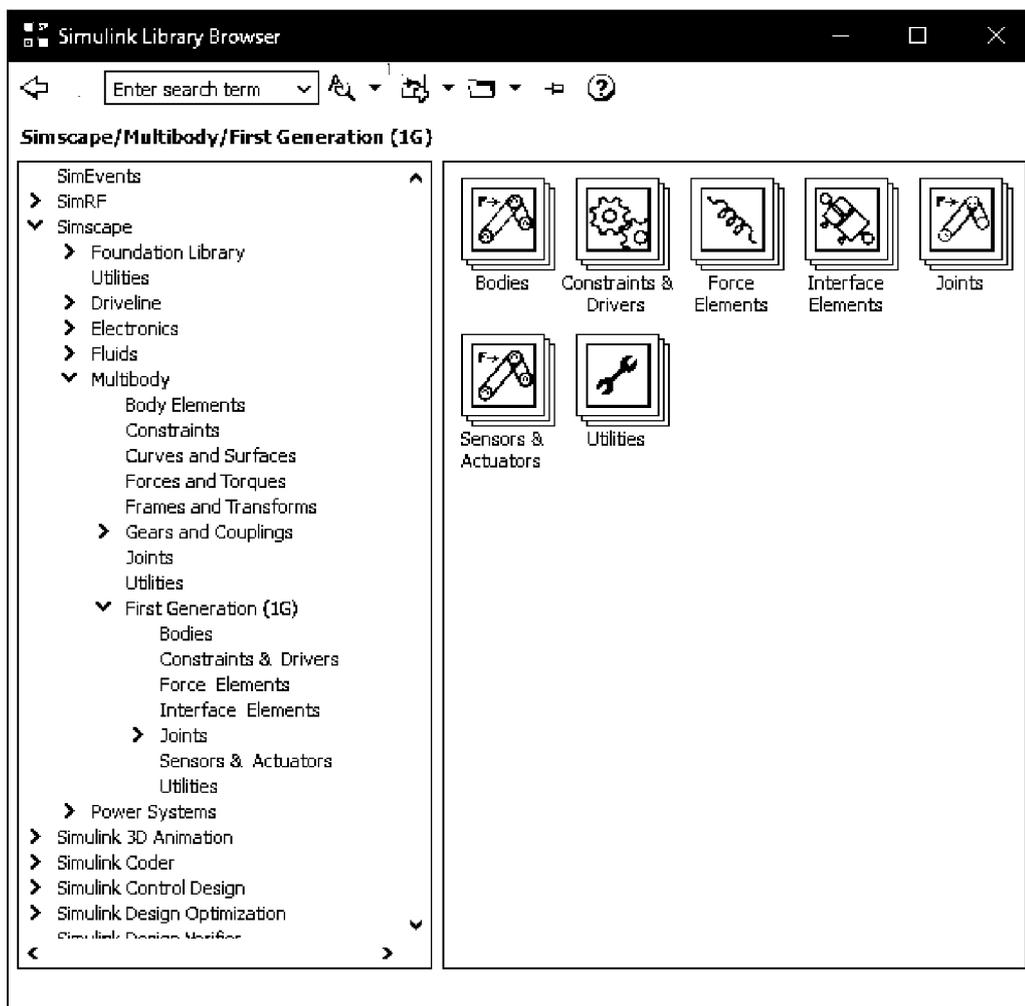
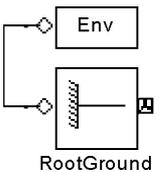
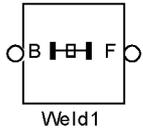
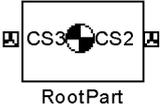
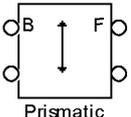
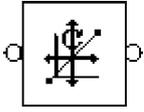
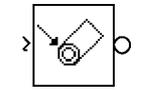
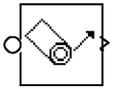


Рисунок 5 – Библиотека элементов Simulink

В таблице 1 описаны блоки Simscape Multibody Link.

Таблица 1 – Описание блоков Simscape Multibody Link подсистемы Robots

Блок	Описание блока
	<p>Блок Ground, представляет собой неподвижную заземленную точку, подключенный к его входу блок, задает механические параметры для одного механизма.</p>

	<p>Блок Wade, представляет неподвижное соединение звеньев.</p>
	<p>Блок Body, представляет собой твердое настраиваемое тело. В свойствах блока указывается:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Масса тела и момент инерции; – Координаты центра тяжести(CG); – Один или более систем координат тела(CSS); – Дополнительная геометрия, цвет.
	<p>Блок Prismatic, представляет собой поступательную кинематическую пару. В настройках блока указывается координата, относительно которой выполняется движение.</p>
	<p>Блок Custom Joint, представляет общее пользовательское соединение с несколькими степенями свободы. Соединяет два тела с комбинацией призматических, вращающихся и/или сферических примитивов. Этот блок ограничен максимум шестью степенями свободы: до трех вращательных степеней свободы и до трех поступательных степеней свободы. Первый примитив, прикрепленный к базе (B). Последний примитив, прикрепленный к последователю (F).</p>
	<p>Соединение между двумя телами представляет относительные степени свободы, блок Joint Actuator приводит в поступательное движение, либо вращательное движение эти тела с точки зрения линейной позиции.</p>
	<p>Блок Join Sensor измеряет положение блока в пространстве.</p>

1.4 Экспорт 3D-модели в Simscape Multibody Link

Процесс передачи модели из SolidWorks в Simscape Multibody Link осуществляется следующим образом, берем модель сборки из SolidWorks и экспортируем Simscape Multibody Link (рисунок 6).

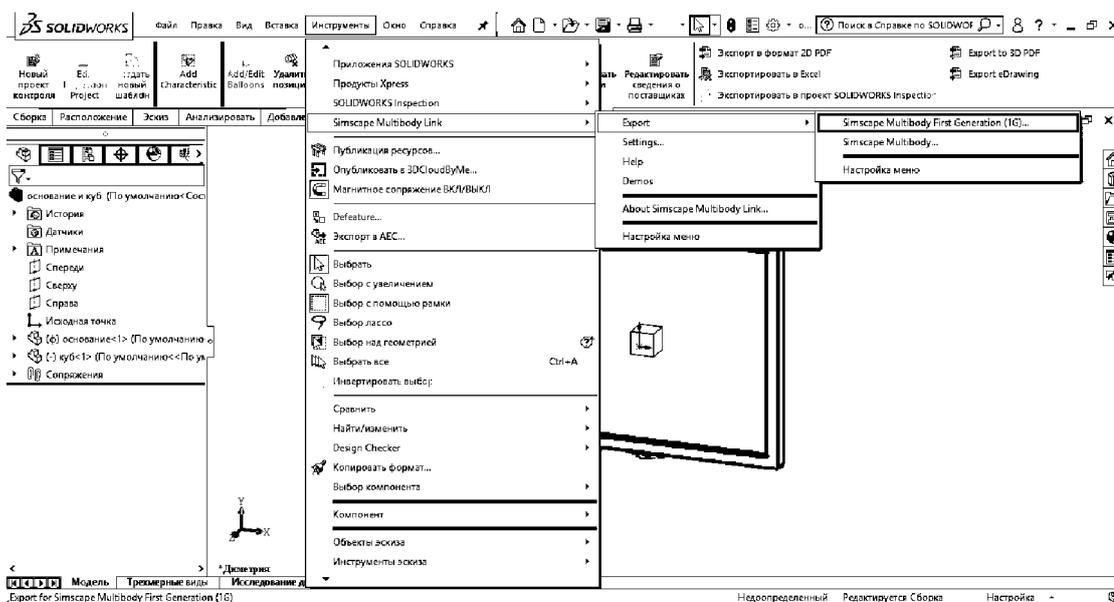


Рисунок 6 – Экспорт из SolidWorks в Simscape Multibody Link

Сохраняем файл в появившемся окне в формате .XML в удобное для вас место (рисунок 7).

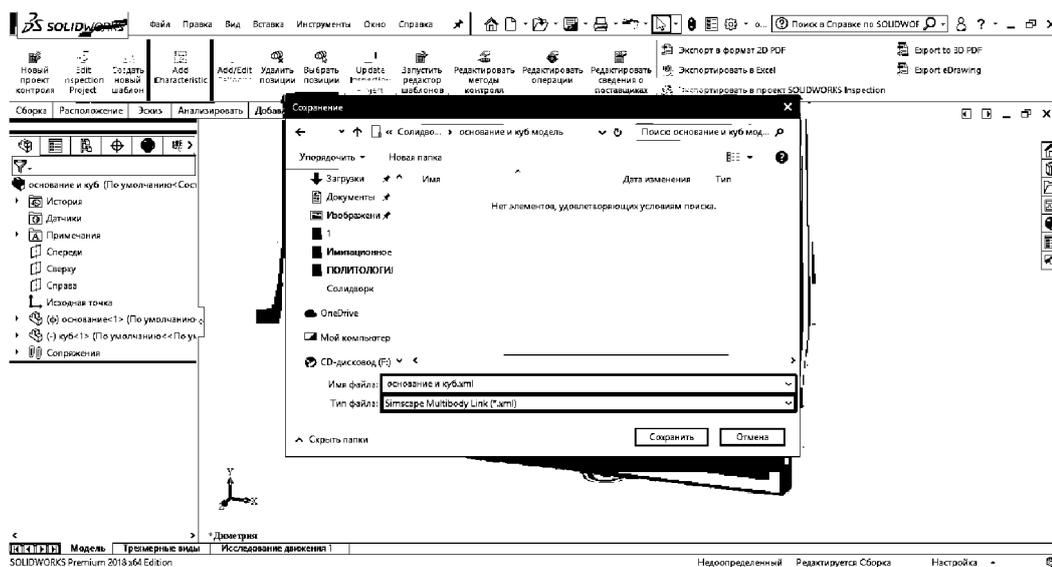


Рисунок 7 – Сохранение файла в .XML

В появившемся командном окне MatLab пишем команду `mech_import` ('путь\имя файла.xml')(Рисунок 8).

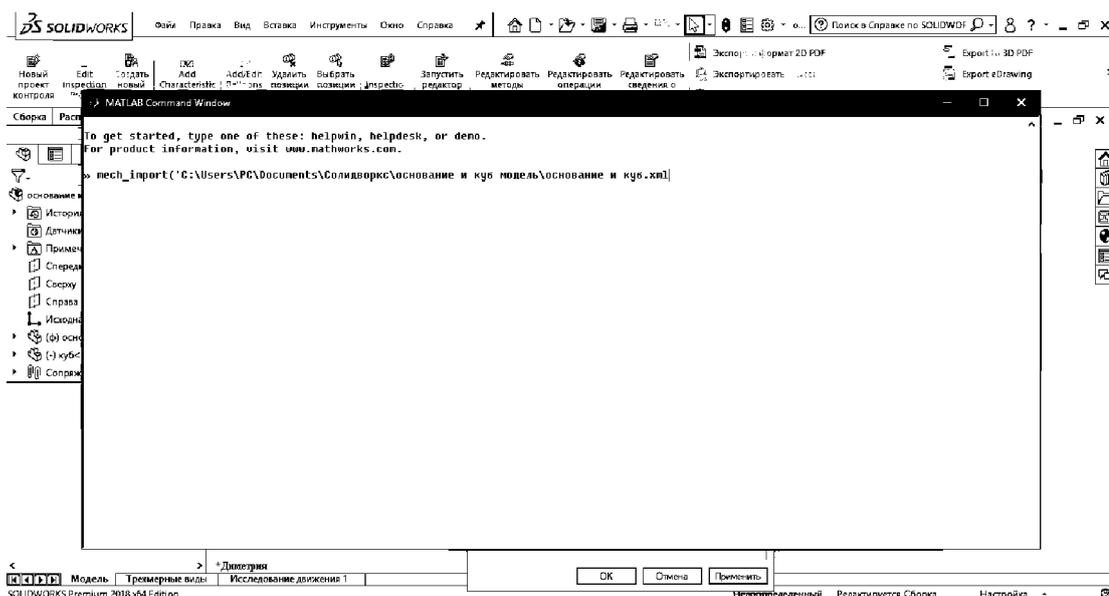


Рисунок 8 – Командное окно MatLab

После того как ввели команду и нажали кнопку ввод ,создалась Simulink модель (рисунок 9) с которой можно в дальнейшем работать.

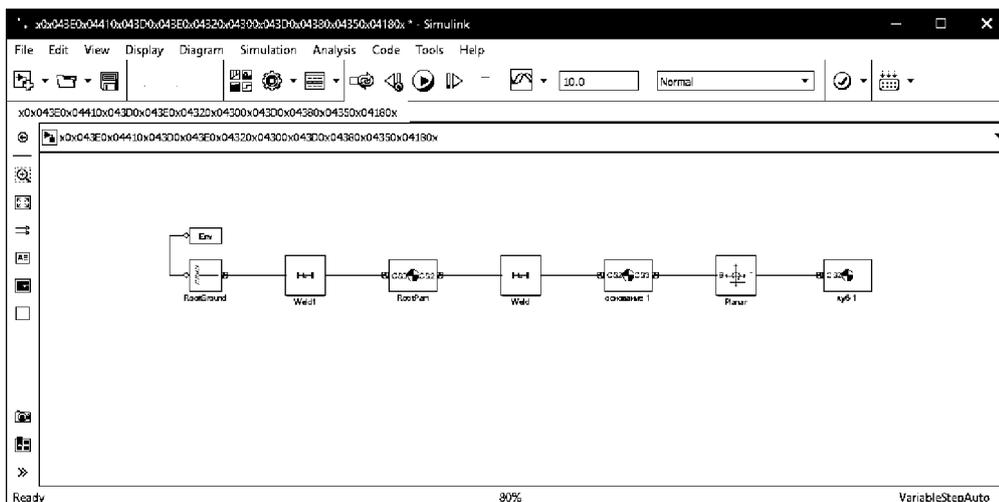


Рисунок 9 – Simulink модель

1.5 Разработка программы CodeSys для виртуального пакета

CodeSys – инструментальный программный комплекс промышленной автоматизации. Производится и распространяется компанией 3S-Smart Software Solutions GmbH

CodeSys – один из самых развитых инструментов для разработки программ ПЛК. CodeSys поддерживает 5 языков МЭК (IT , LD , FBD , SFC и ST) и еще один язык – CFC. То есть если разрабатывать программу в CodeSys можно на любом из этих языков. Кроме того ,допускается комбинирование языков программирования в одной программе.

Прежде чем разрабатывать программу ,необходимо создать новый проект. Делается это с помощью главного меню файл – создать (рисунок 10)

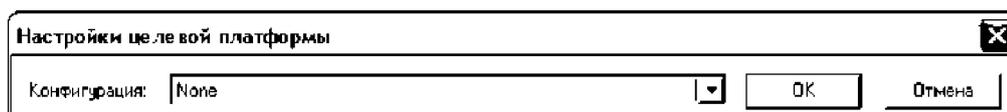


Рисунок 10 – Настройки целевой платформы

Проект является машинно-независимым, то есть программирование можно не привязывать к какой-либо конкретной модели контроллера. Если же вы хотите разрабатывать программу для конкретной модели, то в окне настройки целевой платформы нужно выбрать эту модель в поле конфигурация. Однако вашего контроллера в списке может не оказаться. Тогда нужно будет найти целевой файл (target-file) и установить его, а потом создавать новый проект. В любом случае выбрать модель контроллера можно позже, уже после создания проекта.

Мы же всё это затеяли в учебных целях, поэтому оставим значение None и нажмём кнопку «ок», после чего появится окно.

Любой проект состоит из одного или нескольких модулей. В однозадачном проекте обязательно должен присутствовать главный программный модуль с именем PLC_PRG.

В этом окне мы устанавливаем следующие настройки:

- 1.Имя нового POU – PLC_PRG
- 2.Тип POU – программа

3. Язык реализации – ST. Язык реализации – это язык программирования, на котором будет написан программный модуль (POU) (рисунок 11).

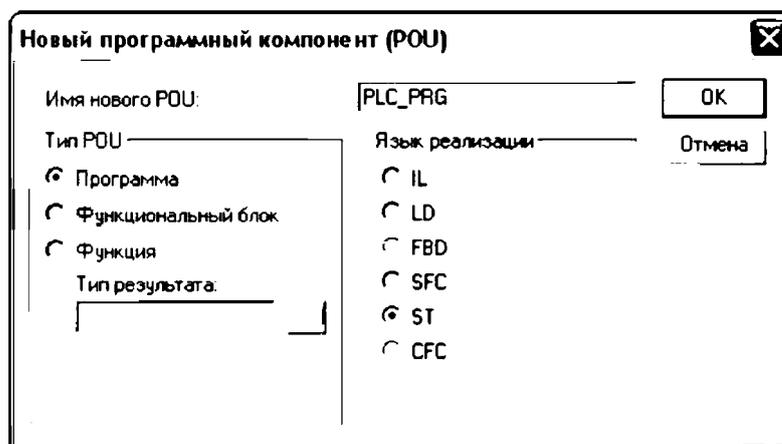


Рисунок 11 – Новый программный компонент

Нажимаем «ок». Всё, проект готов. Осталось только сохранить его. Как и во всех рассмотренных ранее случаях, сохраняем его в отдельном каталоге. Сохранение выполняется через меню файл– сохранить. Присвоим файлу имя TEST и сохраним проект.

После сохранения в выбранном каталоге появится файл TEST.PRO. Главное окно CoDeSys с новым проектом показано на рисунке 12.

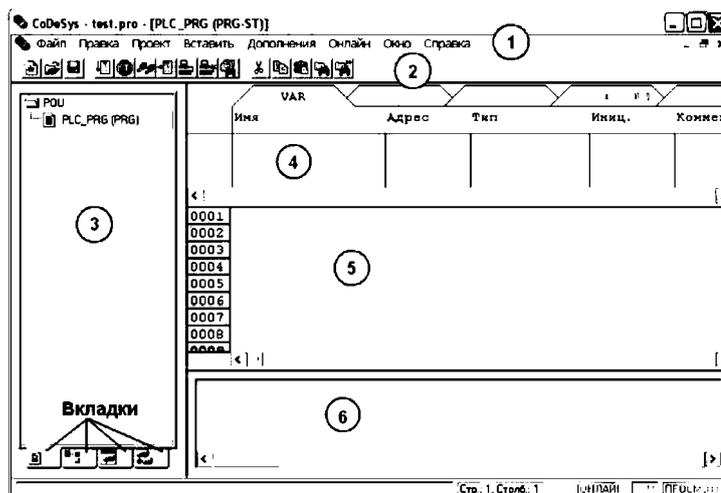


Рисунок 12 – Главное окно CoDeSys

1. Главное меню. Практически все команды можно выполнить через меню.

2. Панель инструментов. Дублирует основные команды меню.

3. Организатор объектов. Здесь отображаются и создаются все объекты проекта, такие как программные модули, визуализации и т.п. В нижней части организатора объектов можно переключаться между его страницами (вкладками). Всего имеется четыре вкладки:

а). ROU – список программных модулей

б). Типы данных

в). Визуализации

г). Ресурсы – глобальные переменные, конфигуратор задач, настройки целевой платформы и т.п.

4. Окно объявления переменных. В вашем случае оно будет выглядеть, скорее всего, по-другому, то есть переменные будут отображаться в виде списка. Чтобы переменные отображались в виде таблицы, необходимо изменить настройки программы следующим образом: в организаторе объектов перейти на вкладку ресурсы, выбрать там раздел рабочая область, в появившемся окне выбрать категорию редактор, установить флажок напротив надписи объявления таблицей и нажать кнопку «ок».

5. Редактор исходного кода. Здесь и будем писать программу.

6. Окно сообщений. Здесь выводятся сообщения о ходе компиляции.

Для объявления глобальных переменных перейдем на вкладку РЕСУРСЫ, дважды щёлкнем

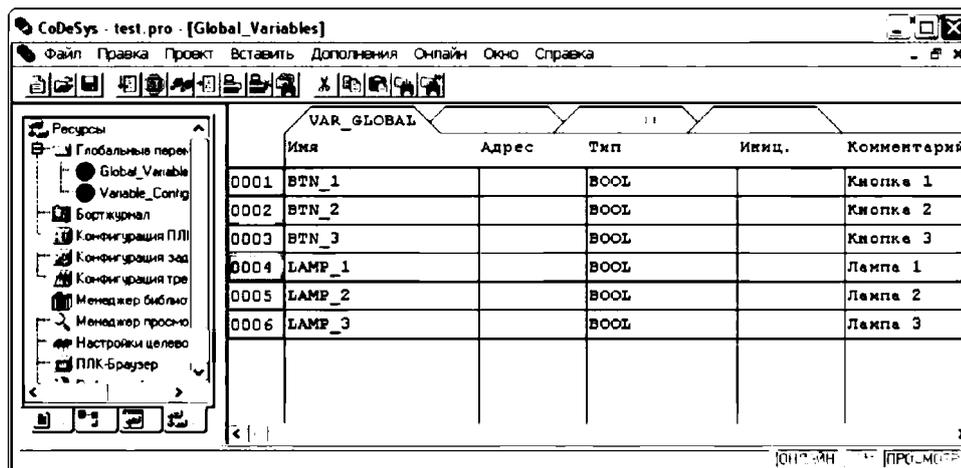
по разделу глобальные переменные, затем также двойным щелчком выберем раздел Global_Variables.

В верхней части таблицы расположены четыре вкладки (рисунок 13), имена которых соответствуют типам объявляемых данных:

1. VAR_GLOBAL – глобальные переменные

2. CONSTANT – глобальные константы

3. RETAIN – глобальные переменные, хранящиеся в ПЗУ контроллера.



The screenshot shows the 'Global Variables' window in CoDeSys. The window title is 'CoDeSys - test.pro - [Global_Variables]'. The menu bar includes 'Файл', 'Правка', 'Проект', 'Вставить', 'Дополнения', 'Онлайн', 'Окно', and 'Справка'. The left sidebar shows a tree view with 'Глобальные переменные' selected. The main area contains a table with the following data:

VAR_GLOBAL					
	Имя	Адрес	Тип	Иниц.	Комментарий
0001	BTN_1		BOOL		Кнопка 1
0002	BTN_2		BOOL		Кнопка 2
0003	BTN_3		BOOL		Кнопка 3
0004	LAMP_1		BOOL		Лампа 1
0005	LAMP_2		BOOL		Лампа 2
0006	LAMP_3		BOOL		Лампа 3

Рисунок 13 – Глобальные переменные

Если вы объявите переменную в этом разделе, то её значение будет сохранено даже после выключения

питания контроллера (правда, для этого нужно иметь контроллер).

4. INFO – информация о программе

Каждая вкладка таблицы (кроме INFO) имеет следующие столбцы:

1. Имя – идентификатор переменной

2. Адрес – адрес переменной. За исключением случаев связывания переменных с входами/выходами ПЛК адрес указывать нет необходимости. Принципы адресации в данной книге не рассматриваются.

3. Тип – тип данных, к которому принадлежит переменная

4. Инициализация – значение, которое будет присвоено переменной при старте программы ПЛК. Это не относится к переменным, хранящимся в ПЗУ, если только программа не работает в режиме эмуляции.

5. Комментарий – комментарий

Чтобы добавить в таблицу переменную, нужно щёлкнуть правой кнопкой по таблице и выбрать команду **НОВОЕ ОБЪЯВЛЕНИЕ**. В таблице появится новая строка со значениями по умолчанию. Чтобы изменить какое-либо значение, нужно щёлкнуть по нужной ячейке

таблицы и ввести с клавиатуры новое значение.

Все наши переменные будут иметь тип BOOL – логический тип, эквивалентный типу Boolean в Паскале. После ввода всех переменных, у вас должно получиться примерно так, как показано на рисунке 13.

Теперь можно переходить к написанию исходного кода программы

1.6 Запуск OPC сервера и его настройка

Аббревиатура OPC (сейчас – это Open Platform Communications, взаимодействие открытых платформ) ранее означала OLE for Process Control, OLE для управления процессами.

OPC использует технологию COM/DCOM для решения задачи обмена данными в системах промышленной автоматизации. OPC-клиент (любое приложение, например SCADA-система), вызывая определенные функции объекта OPC-сервера, подписывается на получение определенных данных с определенной частотой. OPC-сервер, получив каким-то образом эти данные (чаще всего, опросив оборудование), вызывает известные функции клиента и вручает ему данные. Таким образом, используются как прямые COM-вызовы (от клиента к серверу), так и обратные (callback, от сервера к клиенту).

OPC-серверы конкретных аппаратных устройств поставляются многими производителями аппаратуры. Связь сервера с аппаратурой может осуществляться через какой-либо физический интерфейс компьютера: последовательный порт, USB, Ethernet, плату расширения с выходом на промышленную сеть и т.д. Для приложения-клиента параметры физического подключения совершенно не интересны, поскольку при настройке соединения с сервером они не задействуются (они используются только при первоначальном конфигурировании самого сервера). Настройка клиента сводится к выбору нужного сервера из списка зарегистрированных в системе, соединения с ним и выбору переменных для чтения и записи из предоставляемого сервером списка переменных. Таким образом, OPC-сервер создает абстракцию аппаратуры, позволяя любому OPC-клиенту записывать и считывать данные с устройства.

Состав и схема взаимодействия программ-элементов имитационной системы показана на рисунке 14.



Рисунок 14 – Схема взаимодействия программ

Объект управления представлен своей имитационной Simulink-моделью. Говоря упрощенно, модель «пересчитывает» входные (управляющие) сигналы в выходные, несущие информацию о состоянии объекта. Для ввода-вывода используются специальные блоки из пакета OPC Toolbox, наличие которых в Simulink-диаграмме автоматически обеспечивает «работу» модели в реальном времени.

Частота пересчета модели, конечно, не совпадает с частотой обмена по протоколу OPC, – она существенно выше, что позволяет объекту изменять свое состояние и в период между обменами. Однако блоки препятствуют тому, чтобы модельное время изменялось быстрее, чем реальное, как это обычно имеет место в Simulink-моделях. Конечное время расчета в наших системах мы всегда будем устанавливать равным бесконечности (в Matlab за бесконечность «отвечает» константа inf – infinity, бесконечность). Таким образом, остановить расчет можно будет только вручную.

Управляющая программа выполняется на программном эмуляторе ПЛК SP PLC WinNT, входящем в состав пакета программ CoDeSys. Необходимость в «отдельном» программном эмуляторе состоит в

следующем. Конечно, сама среда программирования CoDeSys дает возможность запуска открытых в ней проектов без подключения к ПЛК в режиме симуляции (Simulation Mode). Однако в данном режиме «общаться» с запущенной программой, т.е. задавать входные и наблюдать выходные переменные, можно только из среды программирования. В этом случае следует забыть об использовании каких бы то ни было внешних программ и всю имитацию АСУ ТП внедрить непосредственно в проект CoDeSys. В принципе такой подход вполне имеет право на существование, поскольку CoDeSys предоставляет полный набор возможностей для его реализации: можно «оформить» программную модель объекта в виде одной или нескольких программных единиц (программ или функциональных блоков), а для имитации человеко-машинного интерфейса задействовать достаточно развитые средства визуализации самой системы CoDeSys. Но, на наш взгляд, такой «бюджетный» вариант имитационной системы все же проигрывает варианту с использованием разных программ.

Подробно последовательность действий, осуществляемых при подключении контроллеров системы CoDeSys через OPC-сервер к компьютеру, описана в [6]. Ниже перечислены шаги, которые необходимо сделать для организации обмена с виртуальным контроллером SP PLCWinNT V2.4.

1. Создать программу (проект) в среде CoDeSys с целевой платформой 3S CoDeSys SP PLCWinNT V2.4. При настройке целевой платформы следует установить параметр Download symbol file вкладки General (рисунок 15).

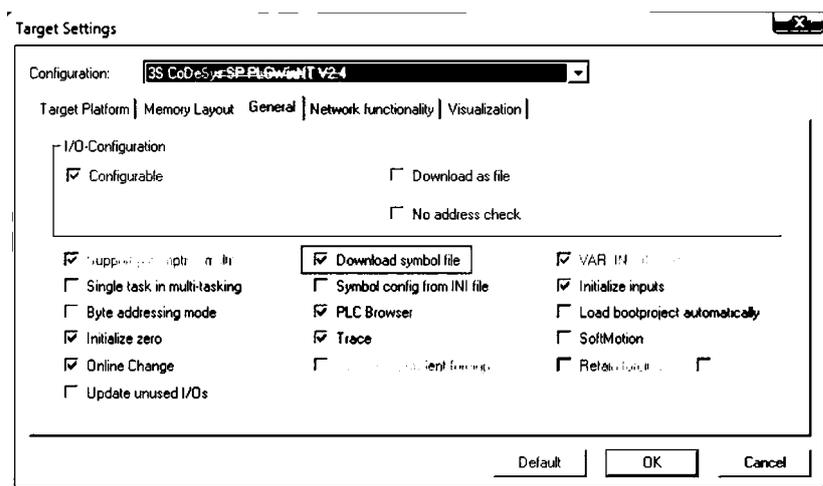


Рисунок 15 - Настройка целевой платформы

1. Объявить переменные для обмена по OPC. В общем случае такие переменные могут быть объявлены в любой из программ, однако для упрощения доступа лучше все их сделать глобальными.

3. Написать программу PLC_PRG. В программе должен быть, по меньшей мере, один оператор, поскольку без этого она не компилируется.

4. Сохранить проект под осмысленным именем в отдельную папку.

5. Запустить PLCWinNT (Пуск □ Все программы □ 3S Software □ CoDeSys SP PLCWinNT □ CoDeSys SP PLCWinNT V2.4) (рисунок 16) ,установить связь и загрузить программу в «контроллер».

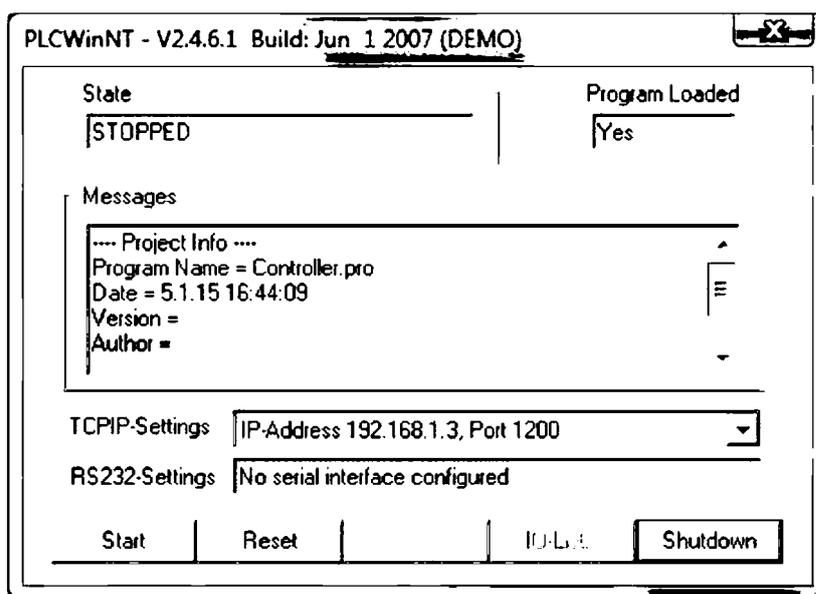


Рисунок 16 - Окно программы PLCWinNT

В случае, если связь с контроллером установить не удалось, следует настроить коммуникационные параметры в меню Online (рисунке 17).

6. Отключить CoDeSys от PLCWinNT и перейти в Опции (Options) в меню Project. Выбрать Symbol Configuration и установить галочку Dump symbol entries (рисунке 18).

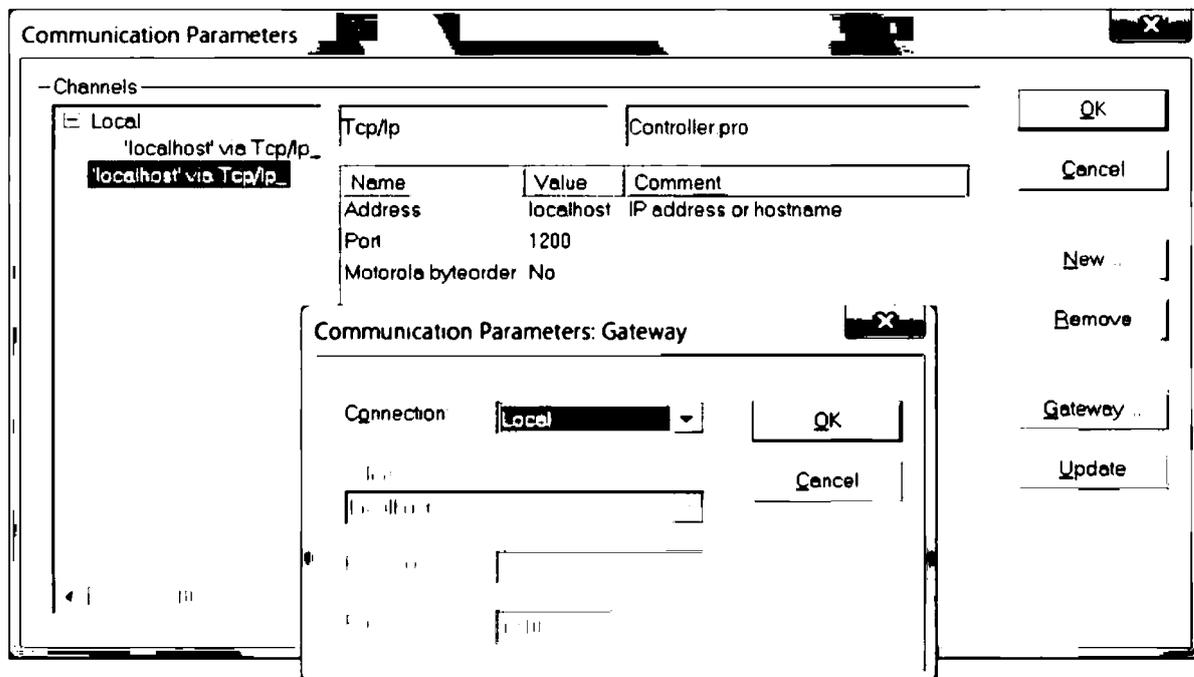


Рисунок 17 - Настройка коммутационных параметров

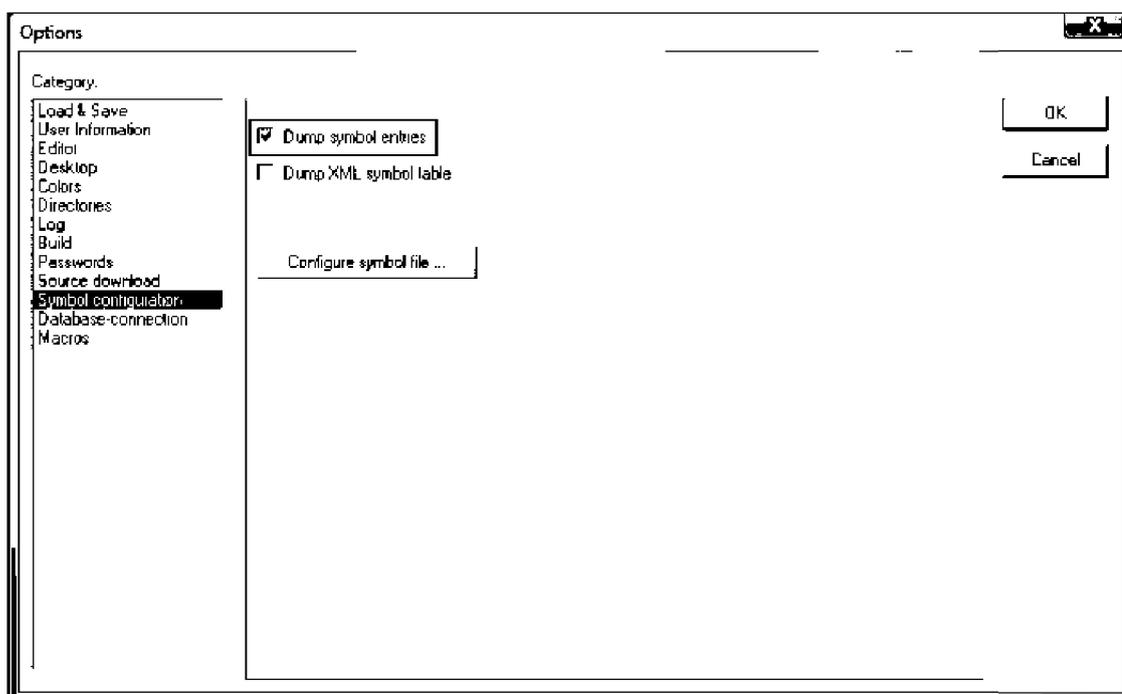


Рисунок 18 - Установка опций

7. Сконфигурировать «символьный файл», выбрав переменные для обмена по OPC, рисунок 19.

8. Настроить параметры OPC-сервера. Для этого необходимо запустить конфигуратор OPC-сервера (Пуск □ Все программы □ 3S Software □ Communication □ CoDeSys OPC Configurator). В окне конфигуратора требуется добавить PLC (Append PLC) и настроить соединение (Connection). По существу достаточно выбрать из списка соединение, настроенное в проекте CoDeSys (рисунок 20)

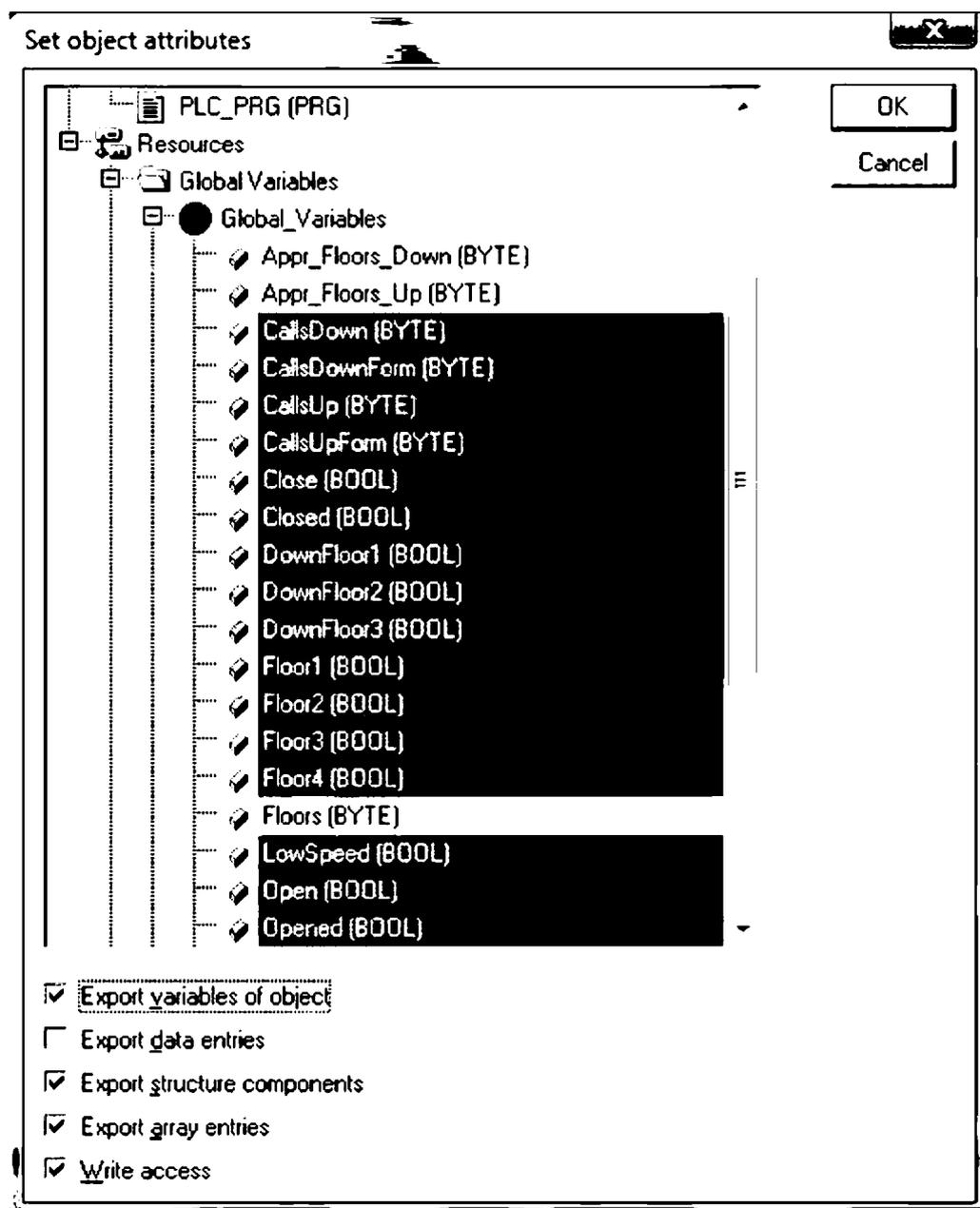


Рисунок 19 - Выбор переменных для обмена по OPC

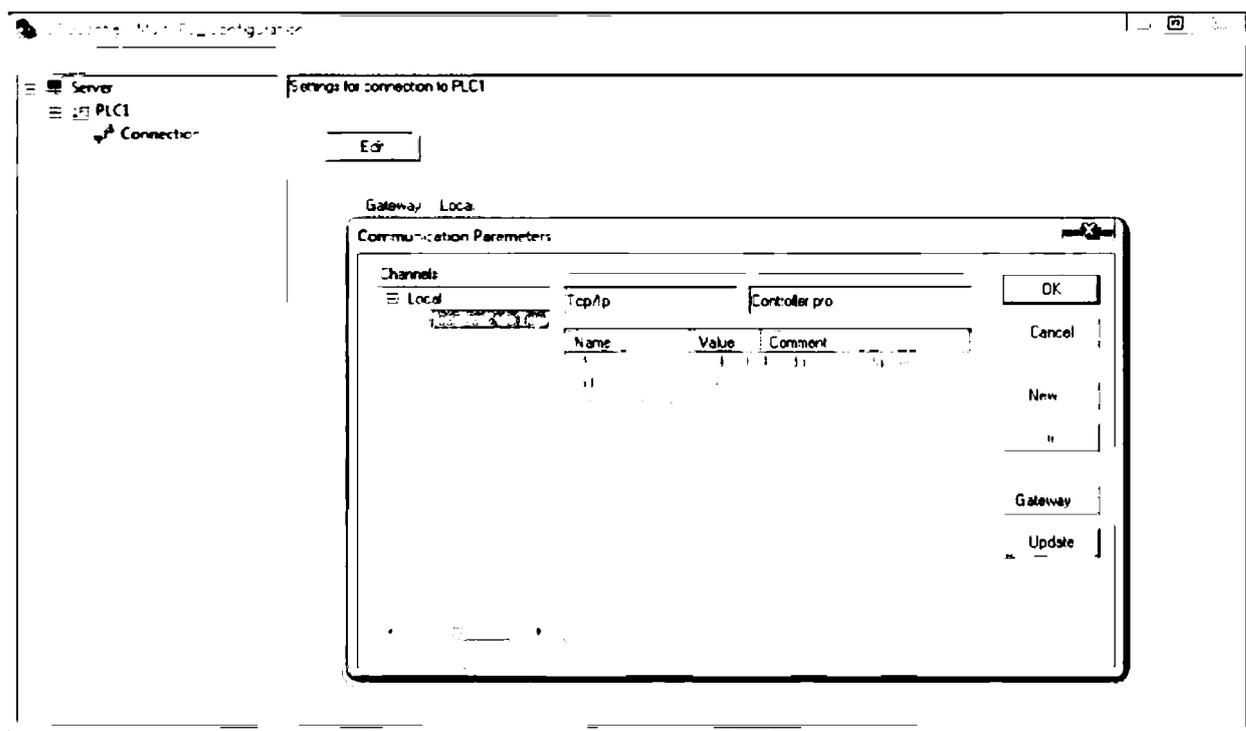


Рисунок 20 - Настройка OPC сервера

9. «Перестроить» программу (проект) CoDeSys, включив в нее все изменения, сделанные после загрузки в контроллер. Для этого требуется вызвать команду Clean all из меню Project, затем команду Rebuild all из того же меню. CoDeSys перекомпилирует программу и перезагрузит проект при следующем подключении к ПЛК.

10. Подключиться к PLCWinNT, согласившись на перезагрузку проекта. С помощью любой программы OPC-клиента, проверить доступность OPCсервера CoDeSys и переменных для обмена. Рекомендации по решению возможных проблем приведены в предыдущем пункте.

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИММИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Имитационную модель можно использовать в учебном процессе для того чтобы снизить вероятность поломки лабораторного стенда. Перед тем как запустить программу на стенде, её можно проверить на имитационной модели, чтобы убедиться в её правильной работе.

2.1 Лабораторный стенд «Пневматические исполнительные механизмы»

На рисунке 21 представлен внешний вид лабораторного стенда для изучения пневматических исполнительных механизмов [3].



Рисунок 21 – Лабораторный стенд «Пневматические исполнительные механизмы»

На рисунке 21 обозначены основные элементы стенда:

1 – фрагмент робота-манипулятора, включающий механизм поворота «руки» и механизм «схвата»;

2 – диафрагменный исполнительный механизм ДИМ;

3 – панель имитации дискретных входов и выходов контроллера;

4 – центральная панель. На ней расположены гнезда цепей управления электропневматическими распределителями и клапанами механизмов поворота «руки» и «схвата», индикаторы и выключатели цепей питания, гнезда цепей датчика давления и электропневмопреобразователя;

5 – панель внешних цепей задатчика токового ЗУ05, блока управления БУ12 и регулятора аналогового Р17;

6 – регулятор аналоговый Р17. В стенде используется как преобразователь сигнала 4...20 мА в сигнал 0...5 мА.

Для питания пневматических элементов стенда сжатым воздухом используется компрессорная установка представленная на рисунке 22.

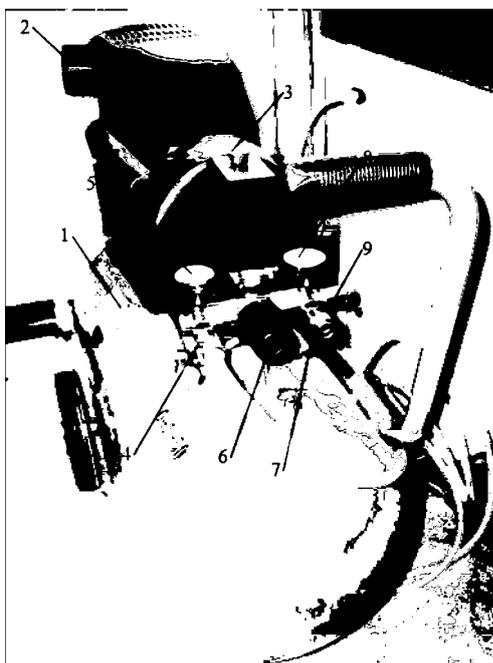


Рисунок 22 – Компрессорная установка

Обозначения на рисунке 22:

1 – бак-ресивер;

2 – воздушный фильтр;

- 3 – рычаг выключателя установки;
- 4 – разъем на линии регулируемого давления;
- 5 – манометр на линии регулируемого давления;
- 6 – задатчик регулятора давления в линии регулируемого давления;
- 7 – разъем на линии нерегулируемого давления (давления в ресивере);
- 8 – манометр на линии нерегулируемого давления;
- 9 – рычаг сброса давления.

Максимальное давление, создаваемое установкой, составляет 8 кгс/см². Установка имеет линию и разъем нерегулируемого давления, связанные напрямую с ресивером, а также линию и разъем регулируемого давления, давление в которой поддерживается регулятором и задается задатчиком.

На рисунке 23 показана пневматическая система поворота «руки».

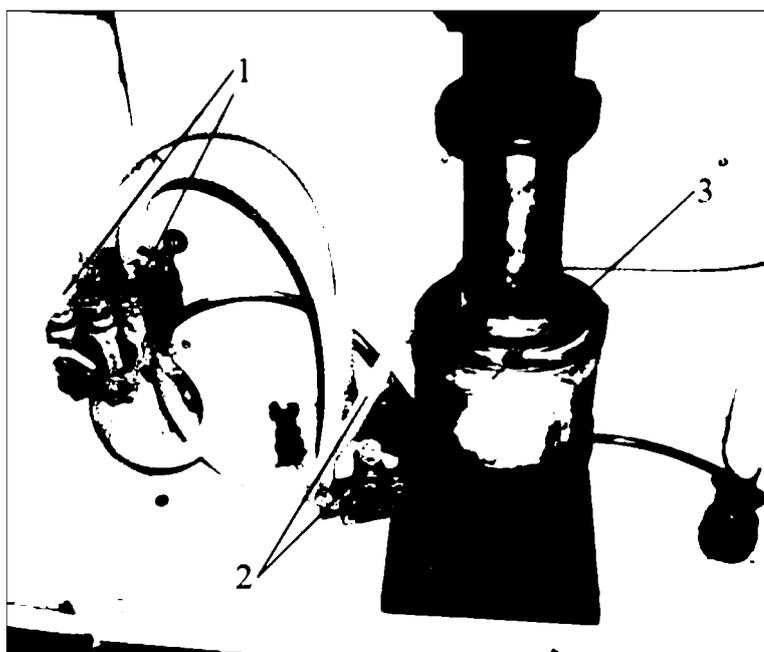


Рисунок 23 - Пневматическая система поворота руки

Система включает электропневматические распределители 1, регулируемые пневматические дроссели 2 и поворотный пневмодвигатель 3.

Электропневматические распределители управляют подачей сжатого воздуха через регулируемые пневматические дроссели в камеры поворотного пневмодвигателя, обеспечивая поворот «руки» по часовой стрелке и против

часовой стрелки. С помощью пневматических дросселей осуществляется ручное регулирование скорости поворота.

Поворотный пневмодвигатель оснащен двумя концевыми и двумя путевыми выключателями. Выводы выключателей, также как и выводы катушек электромагнитных приводов электропневматических распределителей соединены с гнездами центральной панели стенда.

Для приведения в движения «схвата» используется пневматический цилиндр двухстороннего действия, управляемый посредством трех электропневматических клапанов, представленных на рисунке 24.



Рисунок 24 - Электропневматические клапаны управления схватом

На рисунке 25 приведен фрагмент пневматической схемы стенда, отвечающий за управления пневматическим цилиндром механизма схвата.

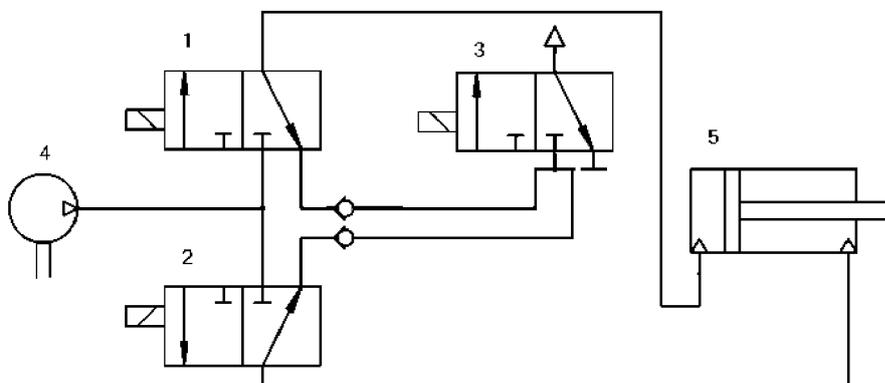


Рисунок 25 - Пневматическая схема управления цилиндром

На рисунке 25 обозначены:

1,2,3 – электропневматические клапаны (клапаны 1,2 снабжены обратными клапанами);

4 – компрессор;

5 – пневматический цилиндр двухстороннего действия.

Электропневматические клапаны 1 и 2 управляют подачей давления в левую и правую камеры цилиндра двухстороннего действия. Электропневматический клапан 3 в открытом состоянии соединяет камеры с атмосферой, если закрыты клапаны 1 и (или) 2.

2.2 Действия при выполнении лабораторной работы на стенде

Логика работы системы состоит в следующем (рисунок 26). 1. При открытии клапанов 1 и 3 (клапан 2 закрыт), давление будет поступать в левую камеру цилиндра 5, тогда как его правая камера будет соединена с атмосферой. Поршень цилиндра будет двигаться вправо (охват детали). 2. При открытии клапанов 2 и 3 (клапан 1 закрыт), давление будет поступать в правую камеру цилиндра 5, тогда как его левая камера будет соединена с атмосферой. Поршень цилиндра будет двигаться влево (отпускание детали). 3. Если открыты клапаны 1 и 2, независимо от положения клапана 3, камеры цилиндра будут изолированы от атмосферы, давление в них будет одинаковым, следовательно, поршень будет устойчиво занимать положение, достигнутое ранее (фиксация детали); 4. Если закрыты клапаны 1 и 2, а клапан 3 открыт, обе камеры цилиндра будут соединены с атмосферой, следовательно, положение поршня в цилиндре будет неустойчиво (ослабление силы схвата без его отпускания). Данный режим работы может быть использован для сброса давления и «ручных» манипуляций с механизмом. Пневматический цилиндр двухстороннего действия оснащен двумя концевыми выключателями, а также ручным специальным выключателем, приводимым в действие при обслуживании механизма схвата персоналом (например, при извлечении детали). Выводы выключателей,

также как и выводы катушек электромагнитных приводов электропневматических клапанов соединены с гнездами центральной панели стенда.

Очевидно, что для реализации рабочих режимов требуется согласованная работа клапанов 1 и 2 с одной стороны и клапана 3, с другой. При открытии любого из клапанов 1 или 2 требуется также открытие клапана 3. Если открыты оба клапана, положение клапана 3 не оказывает влияние на работу системы. Ниже приведена типовая схем включения катушек электропневматических клапанов, в которой с помощью дополнительных диодов обеспечивается совместная работа клапанов 1, 2 и 3, представленная на рисунке 27.

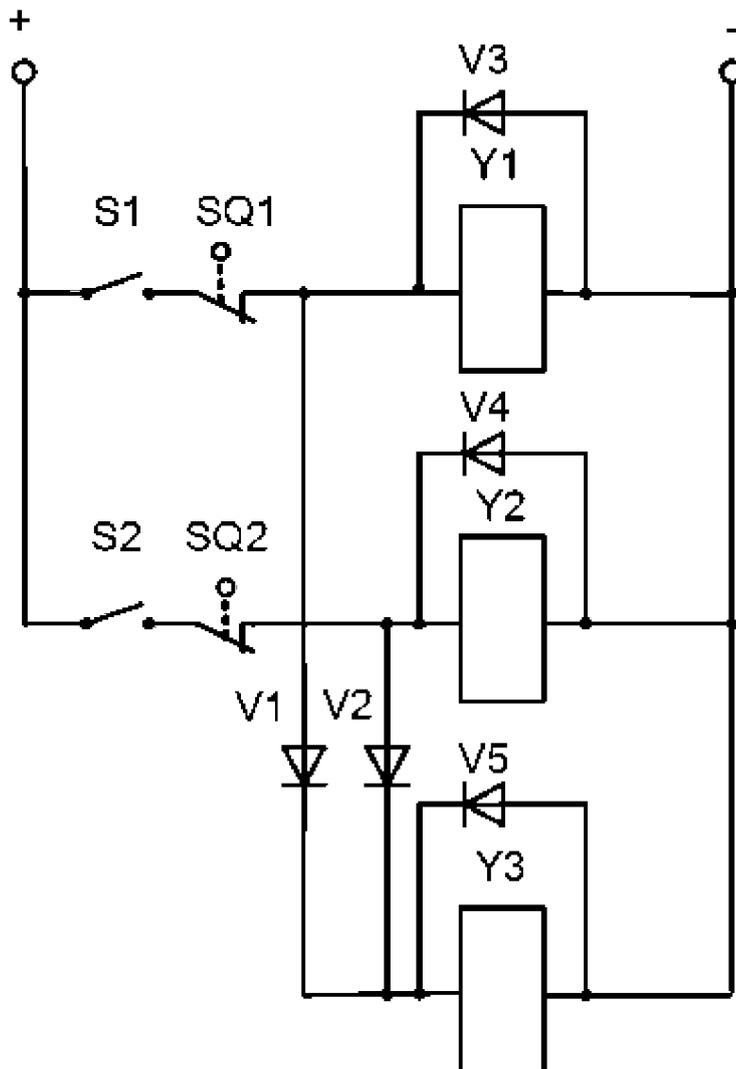


Рисунок 26 - Типовая схема включения катушек
электропневматических клапанов

Диоды V1, V2 обеспечивают совместную работу клапанов. Диоды V3, V4, V5 защищают ключи от перенапряжения при коммутациях. Ключи S1 и S2 управляют работой системы. В качестве данных ключей могут выступать контакты релейных выходов контроллера или его имитатора. Концевые выключатели SQ1 и SQ2 обесточивают катушки при достижении крайних положений.

Система подготовки воздуха и управления диафрагменным исполнительным механизмом ДИМ показана на рисунке 27.

Система содержит:

- 1 - фильтр воздушный ФВ 25-02;
- 2 - редуктор давления РД 3-1;
- 3 - пневмотумблер;
- 4 - реле давления (датчик давления);
- 5 - электропневматический преобразователь ЭПП 1324;
- 6 - диафрагменный исполнительный механизм ДИМ;

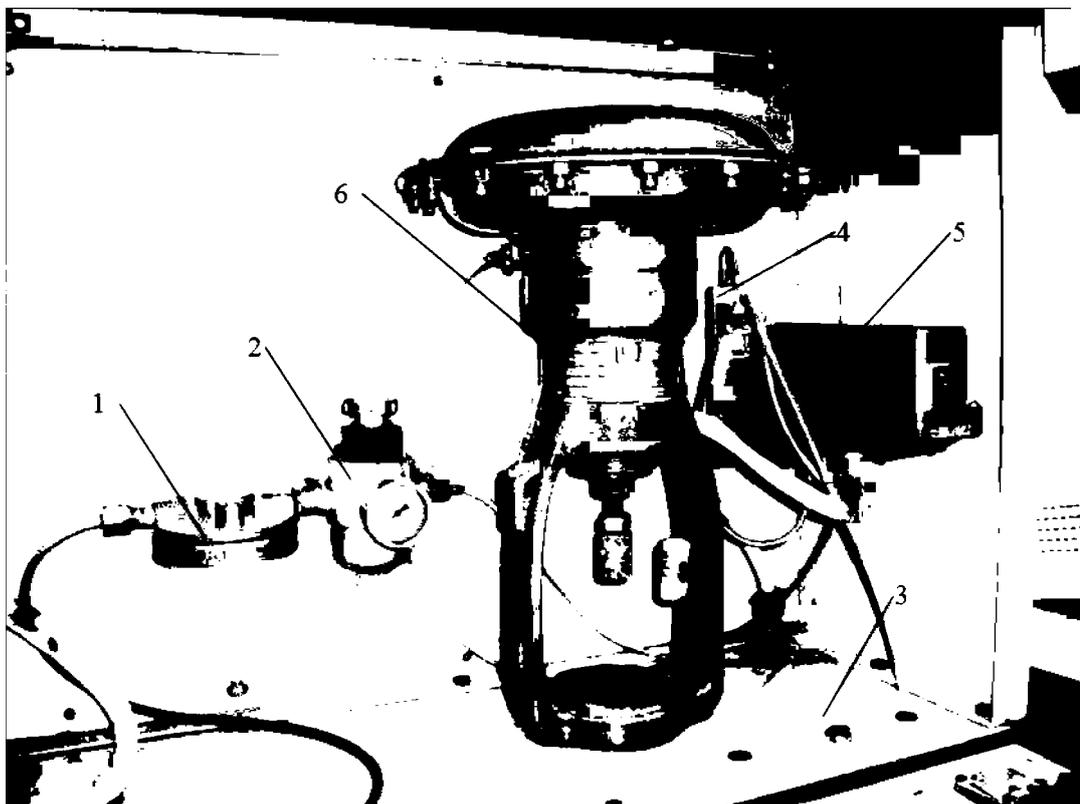


Рисунок 27 - Система подготовки воздуха и управления
диафрагменным исполнительным механизмом

Пневматическая схема системы показана на рисунке 28. Нумерация элементов совпадает с нумерацией на рисунке 27.

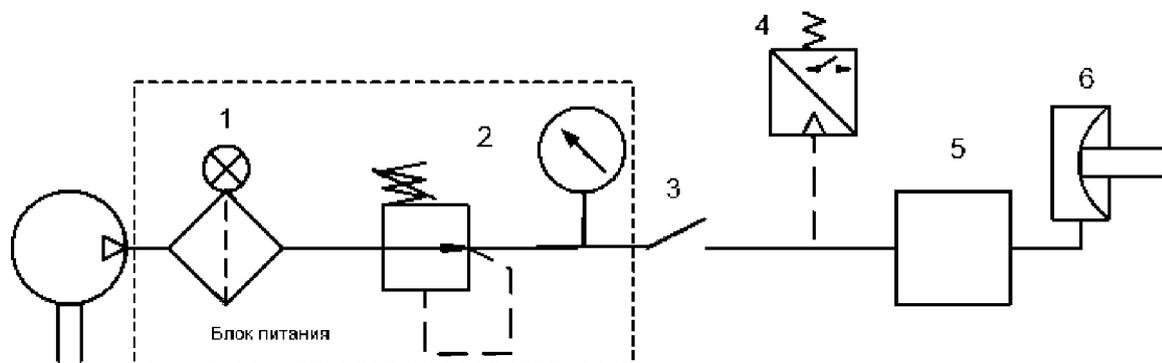


Рисунок 28 - Пневматическая схема системы питания и управления
ДИМ

Выходы электропневматического преобразователя (сигнал управления 0...5 мА) и электроконтактного манометра представлены на центральной панели стенда. Схематическое представление центральной панели стенда с графическим указанием назначения ряда гнезд показано на рисунке 29.

На панели расположены:

гнезда, связанные с концевыми и путевыми выключателями механизмов; гнезда, связанные с выводами катушек электромагнитов пневматических распределителей и клапанов;

гнезда, связанные с диодами; блок выключателей и индикаторов блока питания стенда; гнезда, связанные с выводами управления электропневматического преобразователя и датчика давления; три пары гнезд \square 24 В для подачи питания на схемы управления электромагнитами пневматических распределителей и клапанов (напряжение появляется при включении выключателя «БП»).[7]

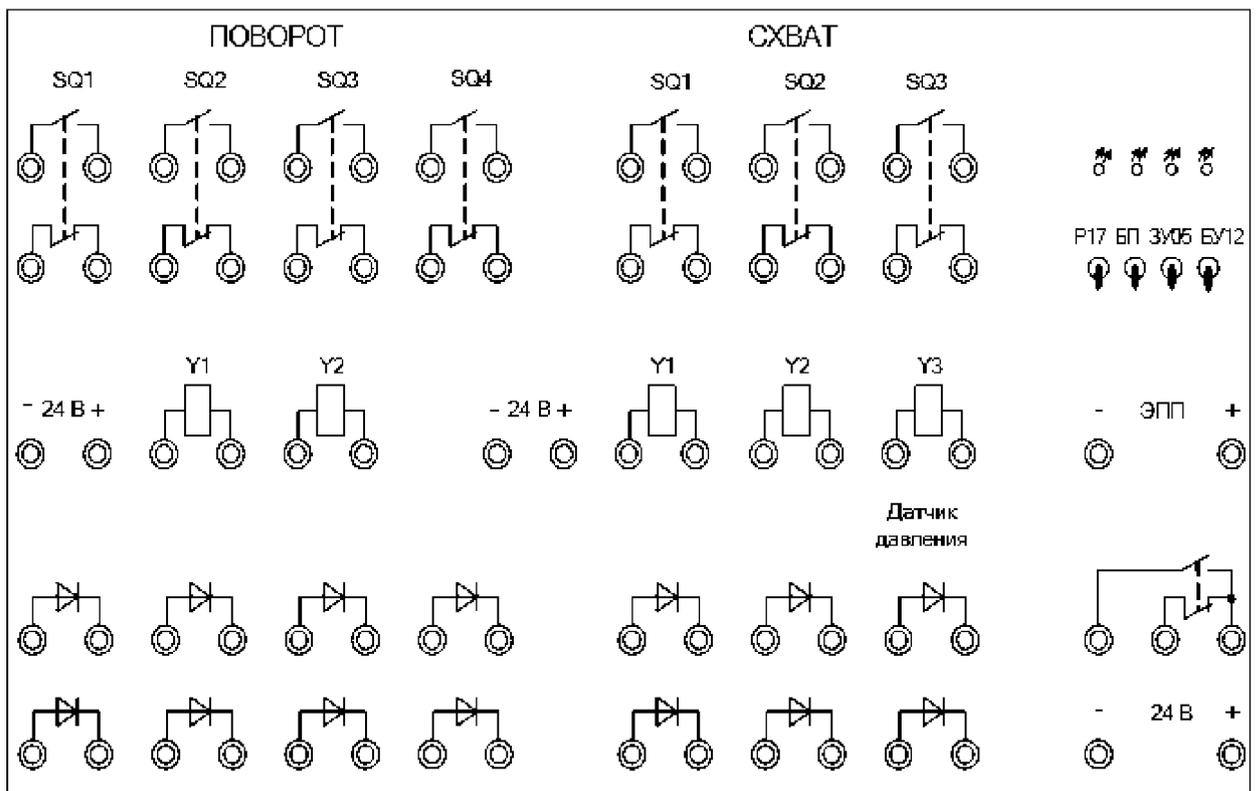


Рисунок 29 - Схематическое представление центральной панели

Левая горизонтальная панель стенда имитирует дискретные входы и выходы контроллера. Принципиальная электрическая схема имитаторов представлена на рисунке 29.

На правой панели размещены задатчик токовый ЗУ05, блок управления БУ12, а также гнезда, связанные с выводами этих приборов. Кроме того, на этой панели расположены гнезда, представляющие вход и выход преобразователя сигнала 4...20 мА в сигнал 0...5 мА, функцию которого выполняет регулятор аналоговый Р17.

Устройство задающее токовое ЗУ 05 предназначено для применения в системах автоматического регулирования производственных процессов в качестве ручного токового задатчика. ЗУ05 по существу представляет регулируемый источник тока. Упрощенная схема устройства показана на рис. 12. На правую панель выведены выходы 4, 5, 6, 7. Подключение нагрузки (приемника сигнала 0...5 мА) производится исходя из ее входного сопротивления.

3.3 3D-модель руки

Для того чтобы создать 3D-модель руки, необходимо определить ее основные подвижные части. Всего их получилось четыре: три клешни (рисунок 31, 32, 33) и кисть (рисунок 30). Для каждой из них в SolidWorks [10] создаем модель и после собираем их вместе в сборке.

Модель кисти руки будет вращаться по оси Y и вместе с ней все остальные части.

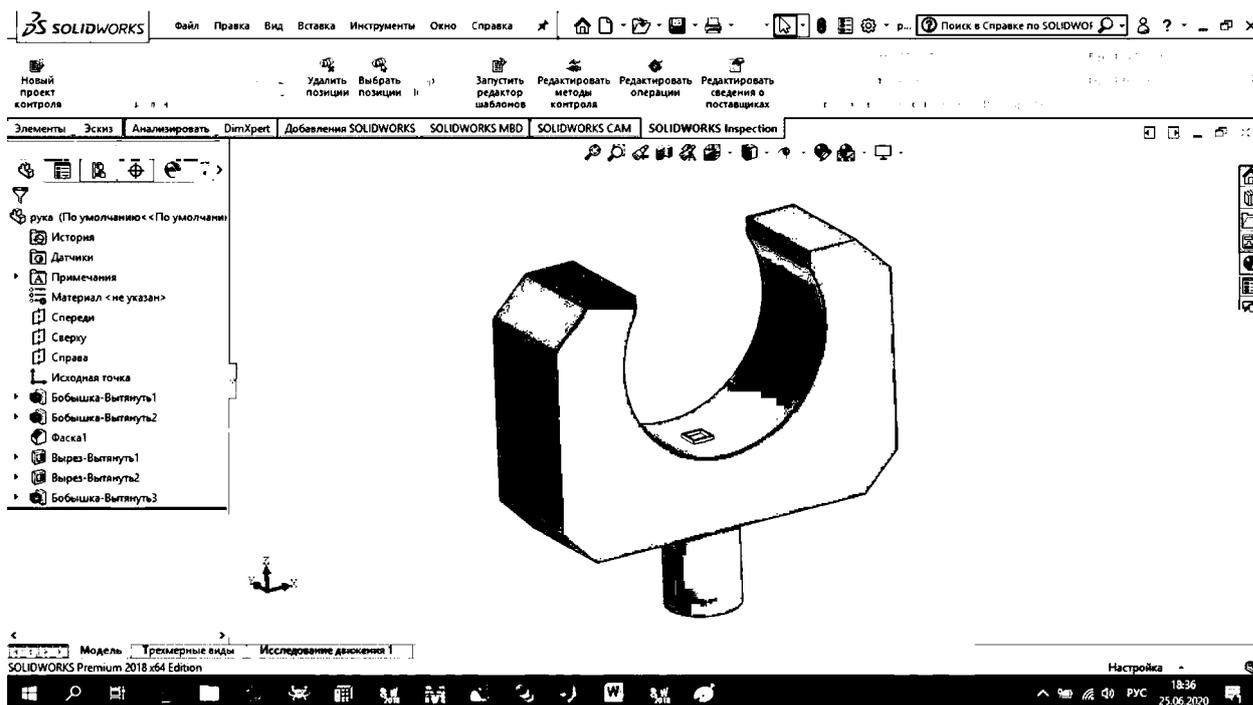


Рисунок 30 – Трёхмерная модель кисти

Так как эта клешня будет расположена на кисти руки, она будет выполнять поступательные движения по оси Y.

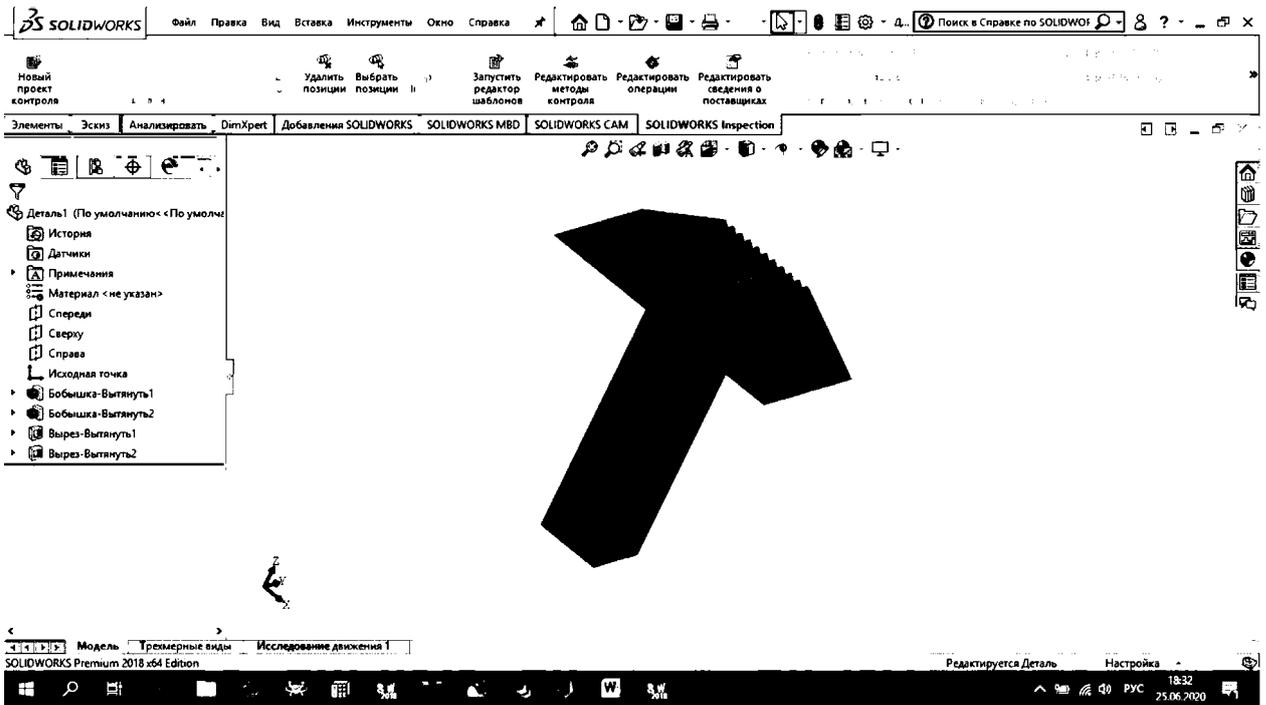


Рисунок 31 - Трехмерная модель клешни

Перемещение двух других клешней будет происходить по оси Z.

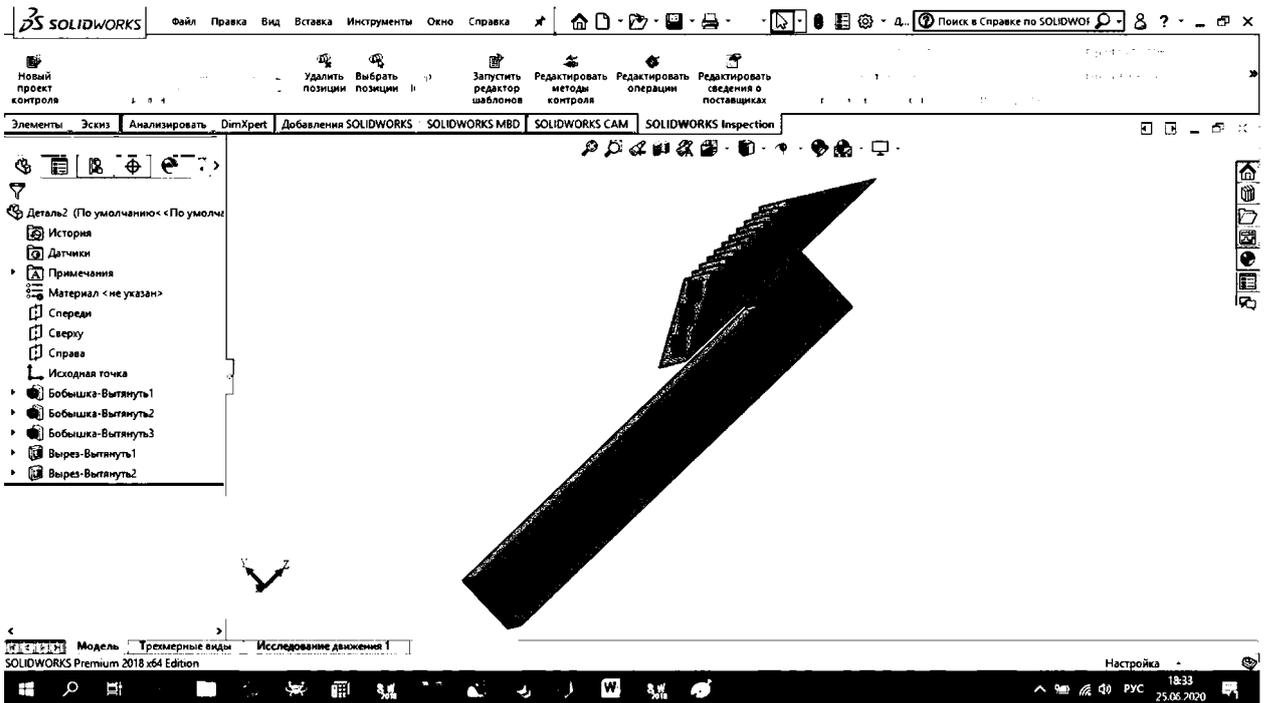


Рисунок 32 - Трехмерная модель клешни

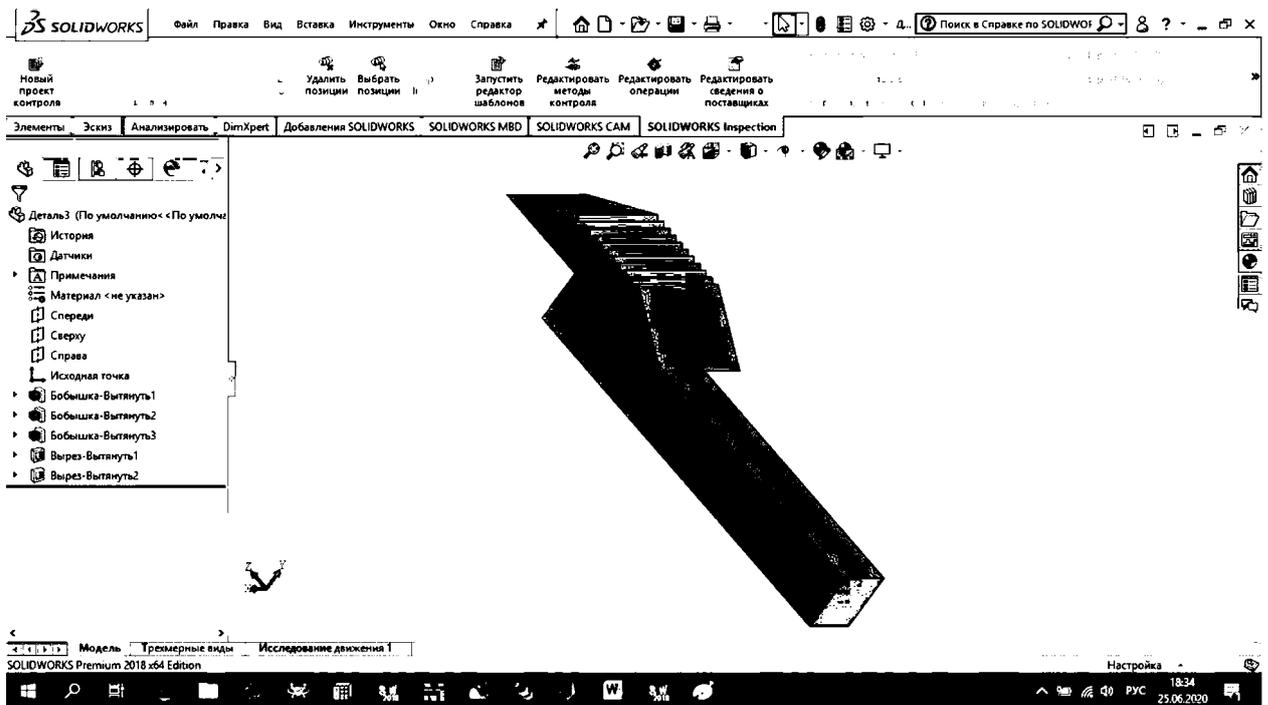


Рисунок 33 - Трехмерная модель клешни

Помимо основных элементов нам необходимо какое-то основание (рисунок 34), на котором рука будет совершать движение. В качестве его возьмем плоскую поверхность. [11]

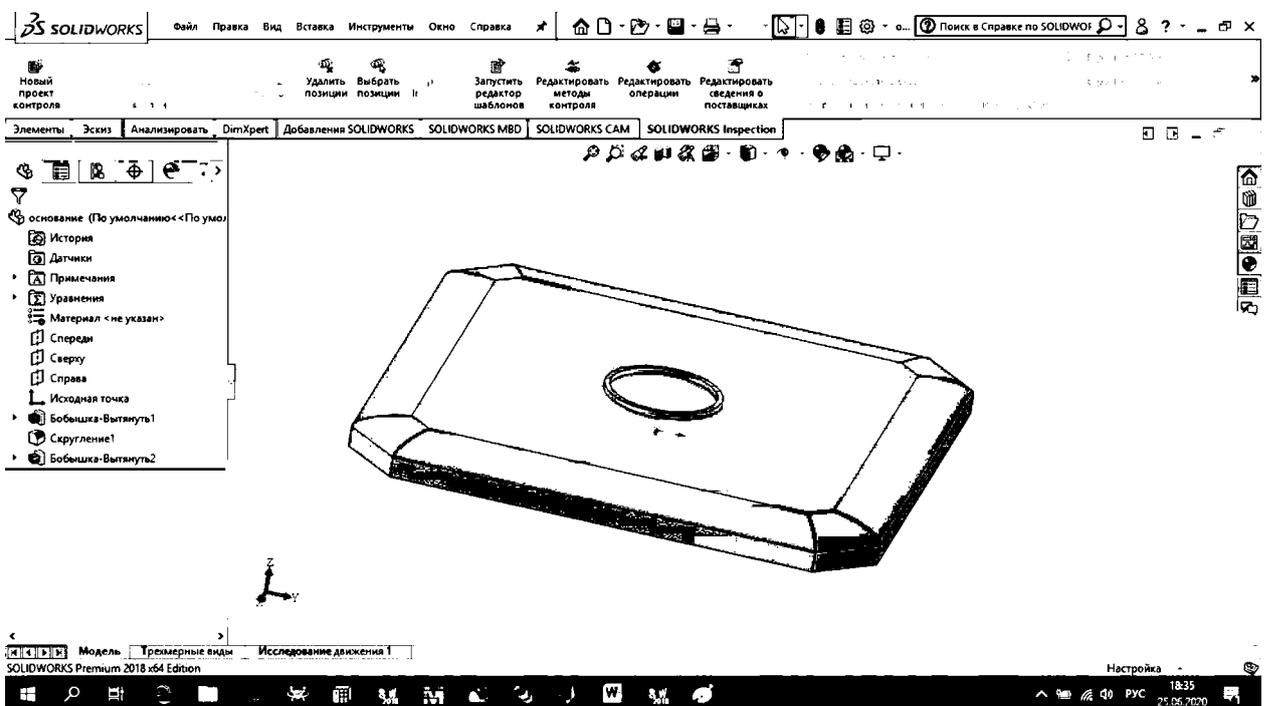


Рисунок 34 – Модель основания

Собрав все элементы вместе, получим полную модель руки (рисунок 35), которую экспортируем с помощью Simscape Multibody Link в MatLab Simulink.[12]

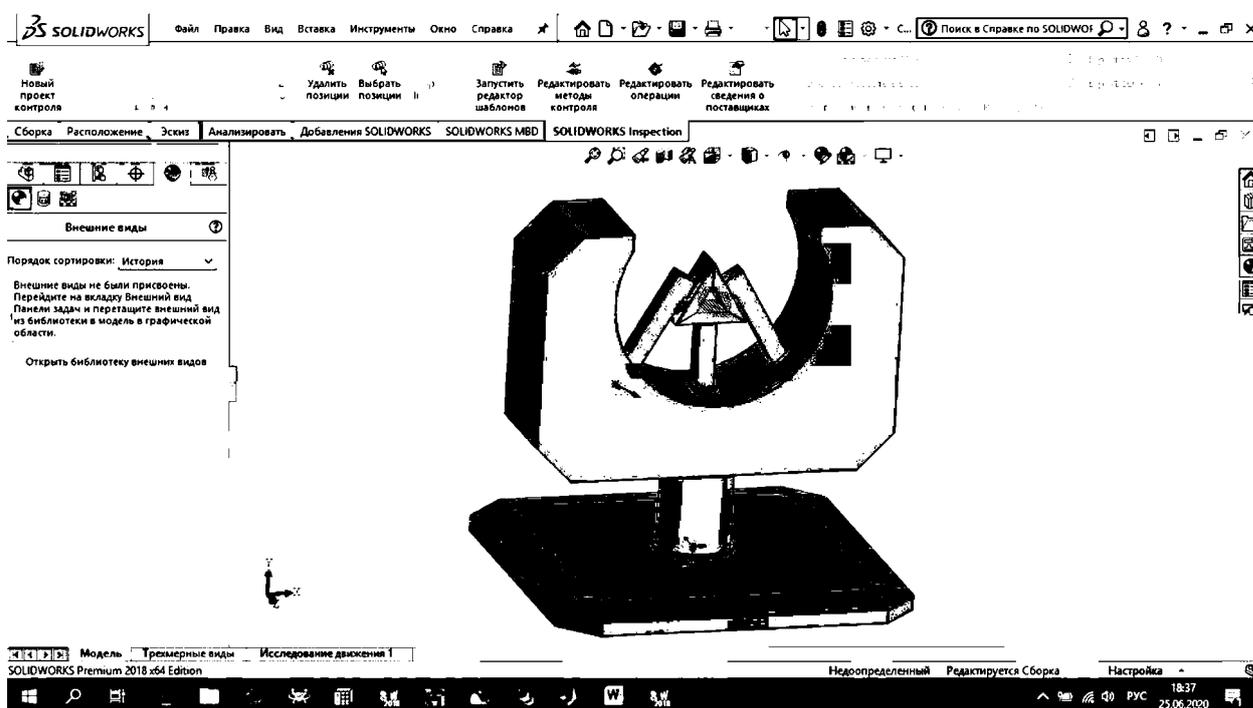


Рисунок 35 – Трехмерная модель руки

2.4 Имитационная модель лабораторного стенда «Пневматические исполнительные механизмы»

Так как наша задача состоит только в том, что как себя будет вести рука, если мы запустим нашу программу, то можно обойтись только моделью руки от этого стенда, так как все остальное просто будет лишним.

2.4.1 Имитационная модель руки лабораторного стенда

Имитационная модель руки похожа, но не является полной копией оригинала, главное чтобы она повторяла все движение в точности, как и рука на стенде. Имитационная модель руки лабораторного стенда изображена на рисунке 36.

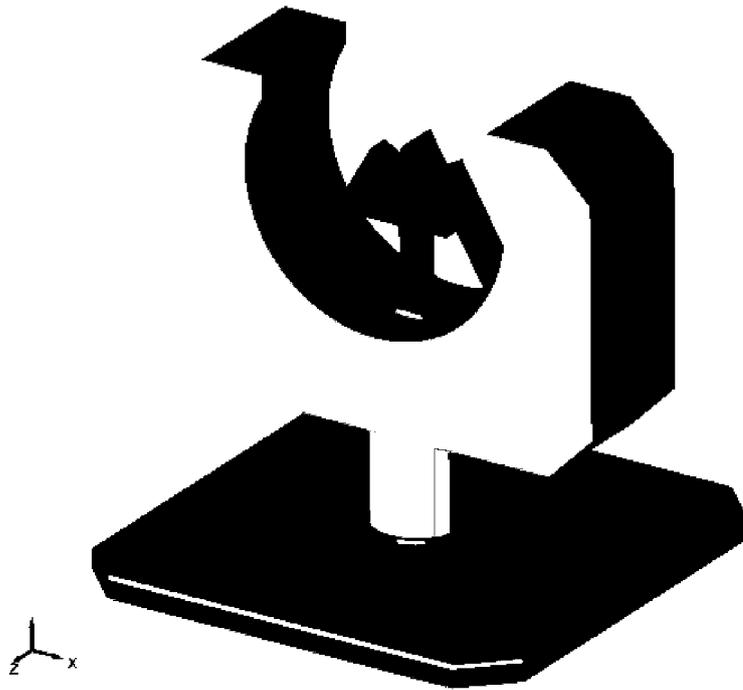


Рисунок 36 - Имитационная модель руки лабораторного стенда

Simulink модель (рисунок 37) состоит из нескольких блоков: основного Subsystem 2 и вспомогательных таких как Subsystem, Subsystem 1, Subsystem 3, Subsystem 4, а также из блоков OPC сервера.[13]

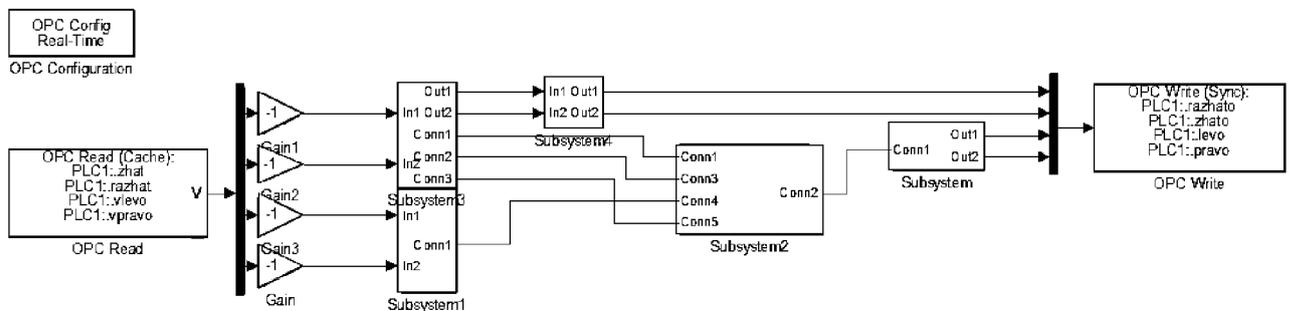


Рисунок 37 – Simulink модель

В основном блоке Subsystem 2 (рисунок 38) находится то, что мы получили и доработали после переноса модели из Solidworks.[14]

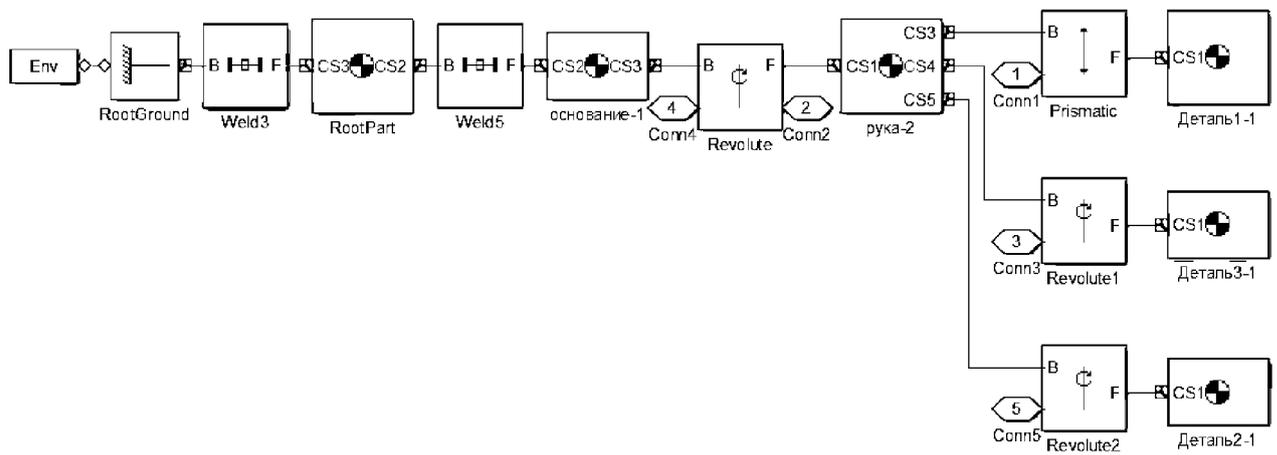


Рисунок 38 – Блок Subsystem 2

Блоки Subsystem 3 (рисунок 39) и Subsystem 1 (рисунок 40) схожи по строению и выполняют схожие действия, а именно задание положения подвижных частей модели.

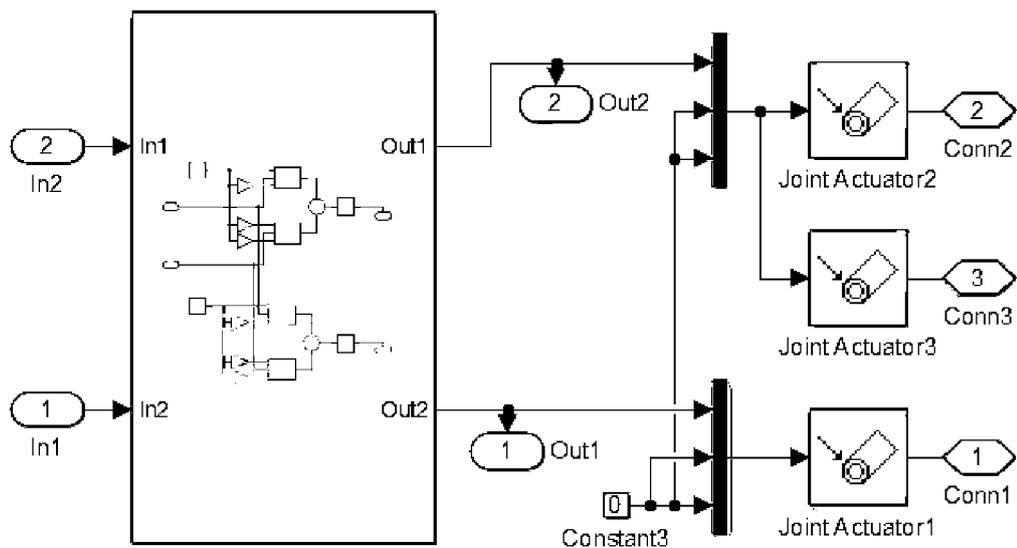


Рисунок 39 – Содержимое блока Subsystem 3

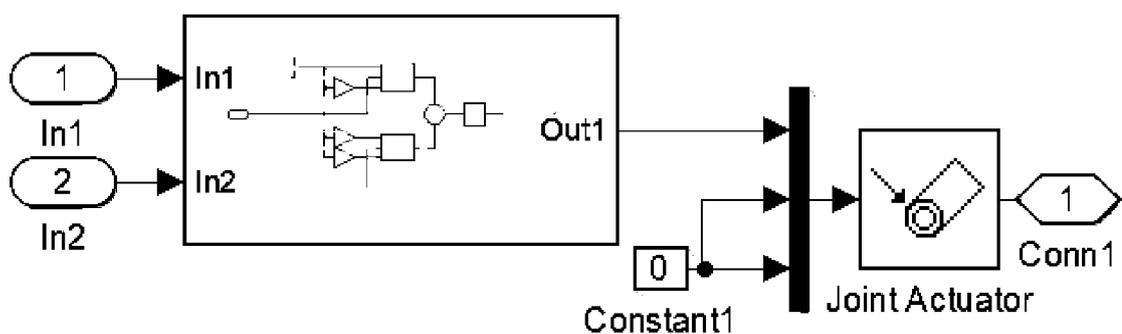


Рисунок 40 – Содержимое блока Subsystem 1

Subsystem 3 отвечает за сжатое и разжатое положение руки, а Subsystem 1 за её поворот.

Схожими между собой являются блоки, Subsystem (рисунок 41) и Subsystem 4 (рисунок 42), которые, выполняют функцию концевых выключателей.

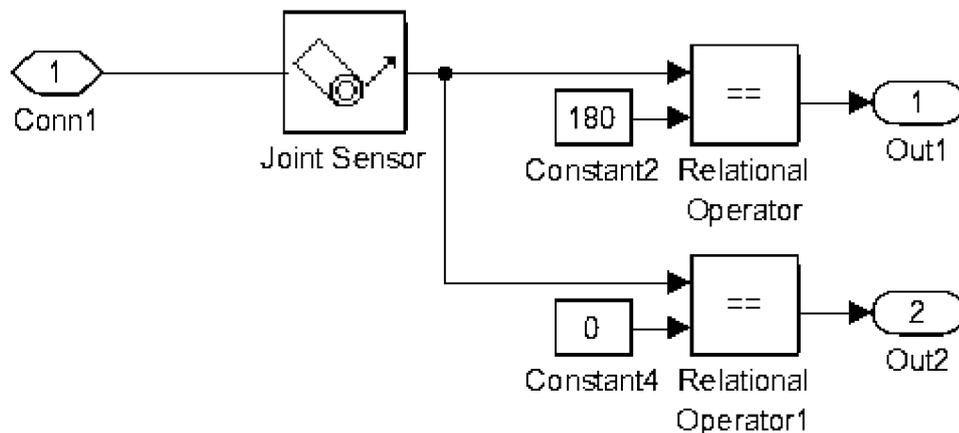


Рисунок 41 - Содержимое блока Subsystem

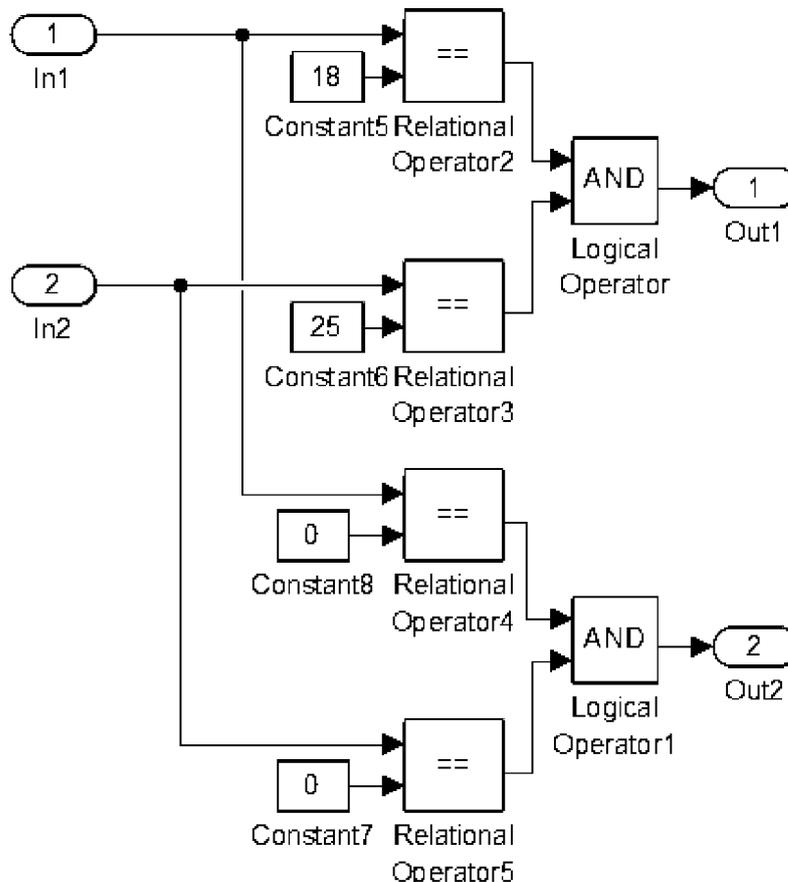


Рисунок 42 - Содержимое блока Subsystem 4

Таким образом, с помощью блока Subsystem реализованы концевые выключатели поворота руки от 0° до 180°, а с помощью блока Subsystem 4 мы узнаем, сжат или разжат схват руки.[15]

2.4.2 Программа управления движением

Для того чтобы наша имитационная модель работала нам необходимо завести глобальные переменные (рисунок 43), которые будут служить имитацией входов и выходов ПЛК.

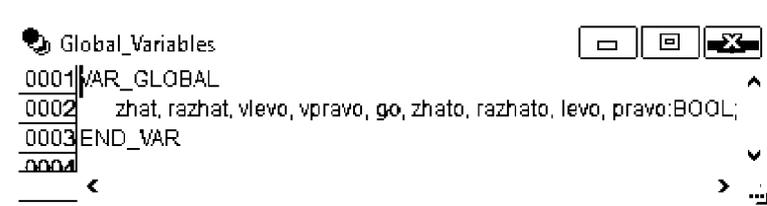


Рисунок 43 – Глобальные переменные

Программа работы написана согласно заданию (см. ниже), заданному в лабораторной работе, так как именно для проверки этого задания и была создана данная имитационная модель.

Задание:

Разработать и протестировать программу управления механизмами для контроллера ПЛК 150 и экран визуализации CoDeSys. Программа управления и экран визуализации должны реализовать выполнение механизмами программы движения. Программа включает:

стадию инициализации. Приводы занимают исходное положение: крайнее положение привода поворота в направлении вращения против часовой стрелки, схват расжат;

стадию «Захват детали»;

стадию «Подача детали» - поворот на 180° по часовой стрелке;

стадию «Отпускание детали»;

стадию «Возврат в исходное положение» - поворот на 180° против часовой стрелки.

Переход от стадии «Возврат в исходное положение» к стадии «Захват детали» должен производиться по команде с экрана визуализации.

Рекомендуемый язык программирования – SFC, язык программирования этапов и переходов – ST.

Текстовая часть программы и окно визуализации выглядят следующим образом, рисунок 44.

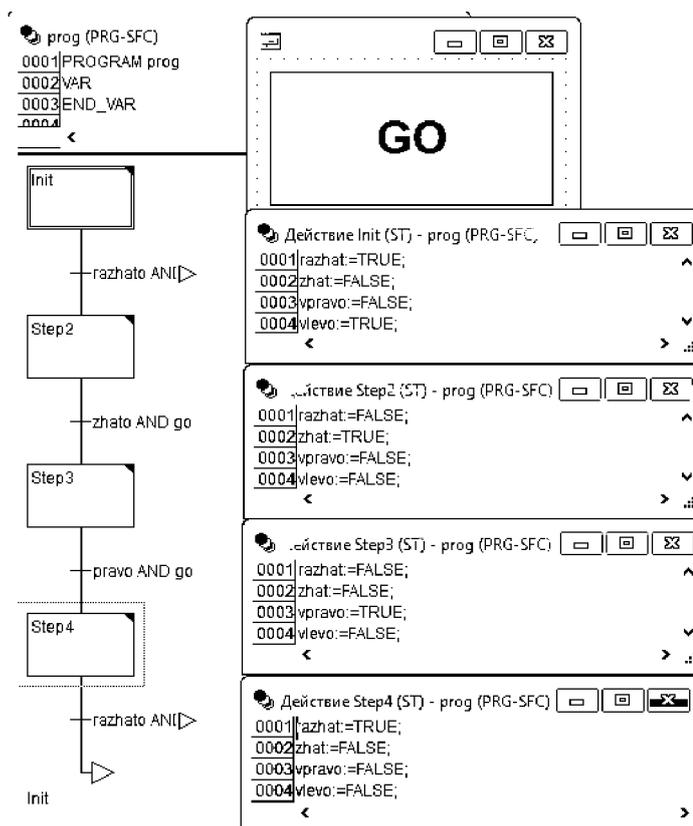


Рисунок 44 – Программа

После проверки можно сделать вывод, что программа написана правильно и имитационная модель руки лабораторного стенда ведет себя, так как необходимо по заданию, а это значит, что можно смело загружать программу в реальный ПЛК и запускать ее на реальном стенде.

3 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1 Организация рабочего места оператора (компоновка, основные размеры стола/стула/доп. мест размещения оргтехники, расстояния до соседних рабочих мест, ориентация относительно световых проемов, опираясь на СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)

Для дипломного проекта было выбрано делать кабинет для одной подгруппы. При расчете количества рабочих мест и их размещении в помещении необходимо учитывать требования, изложенные в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

- размеры помещения - 6х7х3,5м;
- количество рабочих мест – не известно;
- ориентация световых проемов – восток;
- коэффициенты отражения стен и потолка – 70%;
- размеры световых проемов – 6х1,5 м.

В соответствие с требованиями СанПиН площадь одного рабочего места с ПВЭМ должно быть не менее 6 м^2 . По выбранным размерам помещения, получается $6 \times 7 = 42 \text{ м}^2$ площадь помещения, из этого следует количество рабочих мест 5. Высота потолков 3,5м. Исходя из этих данных был спроектирован план помещения (рисунок 45)

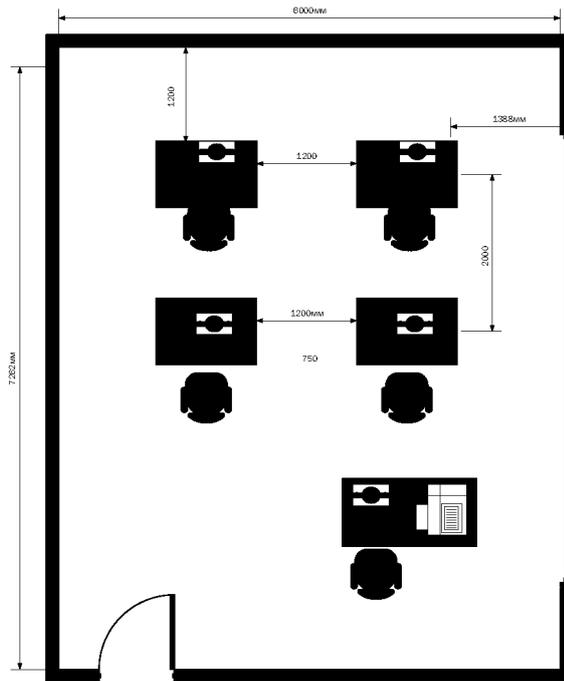


Рисунок 45 - План помещения

3.1.1 Расчет искусственного освещения

Исходные данные:

- высота потолка 3,5 м;
- высота рабочей поверхности 0,8 м.

Расчет новой системы искусственного освещения (реконструкция имеющейся системы искусственного освещения) для создания требуемой освещенности на рабочем месте для данного вида работ требуется выполнение следующих задач:

- 1) Выбор вида системы искусственного освещения. Для нашего случая выбираем общие освещения.
- 2) Выбор источника света. Выбираем люминесцентные лампы.
- 3) Выбор типа светильника их мощности и определение высоты их подвеса над рабочей поверхностью.

Расчет высоты подвеса над рабочей поверхностью представлен на рисунке 46

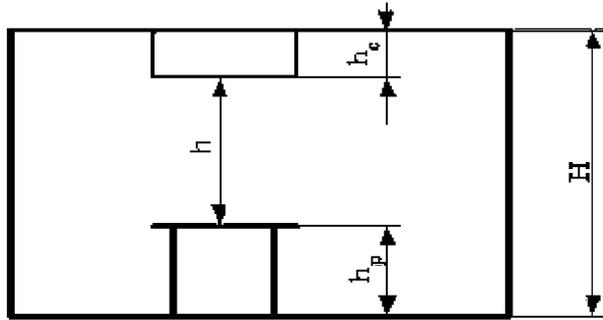


Рисунок 46 - Расчет высоты подвеса над рабочей поверхностью

Был выбран светильник ШОД-2-80 с двумя лапами по 80 Вт. Длина светильника 1530 мм, его ширина составляет 284 мм, а высота 155 мм.

Расчетам высоту подвеса светильника h по формуле 1:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 0,8 - 0,155 = 2,545 \text{ м}, \quad (1)$$

где H - высота помещения; h_p - высота рабочей поверхности ; h_c - высота до светового центра светильника (в нашем случае возьмем высоту светильника).

4) Определение нормативной освещенности на рабочих местах для заданного вида работ. $E_n = 300 - 500 \text{ Лк}$.

5) Определение коэффициента запаса для данных производственных условий. Для ШОД ламп коэффициент запаса в помещениях с малым выделением пыли равен $K_z = 1,5$.

6) Выбор рационального расположения светильников и определение необходимого количества.

Количество светильников и их размещение представлено на рисунке 47.

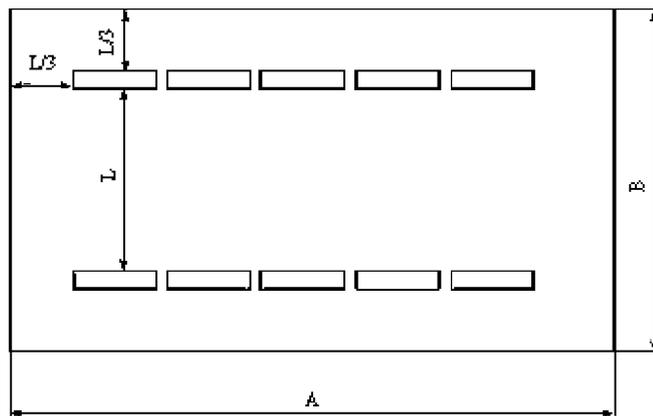


Рисунок 47 - Определения количества светильников и их размещение

Определим расстояние между рядами L по формуле 2:

$$L = \lambda \times h = 1,2 \times 2,545 = 3,054\text{м}, \quad (2)$$

где λ - наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками (справочные данные).

Определим количество светильников в ряду по формуле 3:

$$n_{\text{СВРЯД}} = \frac{A - 2\frac{L}{3}}{l_{\text{СВ}}} = \frac{7 - 2\frac{3,054}{3}}{1,53} = 3,2 \text{ шт}, \quad (3)$$

где A - длина помещения; $l_{\text{СВ}}$ - длина светильника.

Количество светильников получилось дробным округлим в меньшую сторону, тогда расстояние между светильниками рассчитаем по формуле 4:

$$\Delta = \frac{0,xxx \times l_{\text{СВ}}}{n'_{\text{СВРЯД}} - 1} = \frac{0,7 \times 1,53}{3 - 1} = 0,54 \text{ м}, \quad (4)$$

где $0,xxx$ - отброшенный остаток при округлении до значения $n'_{\text{СВРЯД}}$.

Рассчитаем количество светильников в ряду по формуле 5:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B}{L} = \frac{6}{3,054} = 1,96 \approx 2 \text{ шт}, \quad (5)$$

где B - ширина помещения.

Общее количество светильников рассчитывается по формуле 6:

$$N = n'_{\text{СВРЯД}} \times n_{\text{ряд}} = 3 \times 2 = 6 \text{ шт} \quad (6)$$

По результатам расчета по формуле 7 получаем значение:

$$B' = 2 \frac{L}{3} + (n_{\text{ряд}} - 1) \times L + n_{\text{ряд}} \times \text{Ш}_{\text{СВ}}, \quad (7)$$

где $\text{Ш}_{\text{СВ}}$ - ширина светильника.

Подставим значения:

$$B' = 2 \times 1,018 + (2 - 1) \times 3,054 + 2 \times 0,284 = 6,7\text{м} \quad (8)$$

Расчетное значения B' не равно ширине помещения B . Чтобы выполнить условие $B = B'$ необходимо изменить размеры L и $L/3$ в пределах $\pm 10\%$.

Для того чтобы определить, на сколько нужно уменьшить или увеличить размеры L и $L/3$, сначала определим, насколько расчетное значение B' отличается от реальной ширины помещения B :

$$\delta = B' - B = 6,7 - 6 = 0,7 \quad (9)$$

Знак перед значением говорит о том, что необходимо сделать с B' увеличить или уменьшить. Значение ΔL , которое необходимо прибавить или вычесть из L , можно определить из выражения 10:

$$\Delta L = \frac{3\delta}{2+3 \times (n_{\text{ряд}}-1)} = \frac{3 \times 0,7}{2+3 \times (2-1)} = 0,42 \text{ м} \quad (10)$$

Скорректированное значение будет равно $L' = L + \Delta L = 3,474$ и $\frac{L'}{3} = 1,158$.

Итог окончательный план размещения светильников представлен на рисунке 4

7) Определения расчетного значения светового потока одной лампы:

$$F = \frac{E \times K_3 \times S \times z}{n \times \eta} \quad (11)$$

где E – нормативная (требуемая) освещенность, лк;

K_3 – коэффициент запаса;

S – площадь помещения, м²;

η – коэффициент использования светового потока (в долях единицы);

$z=0,9$ – коэффициент неравномерности освещения;

n – количество ламп.

План размещения светильников представлен на рисунке 48.

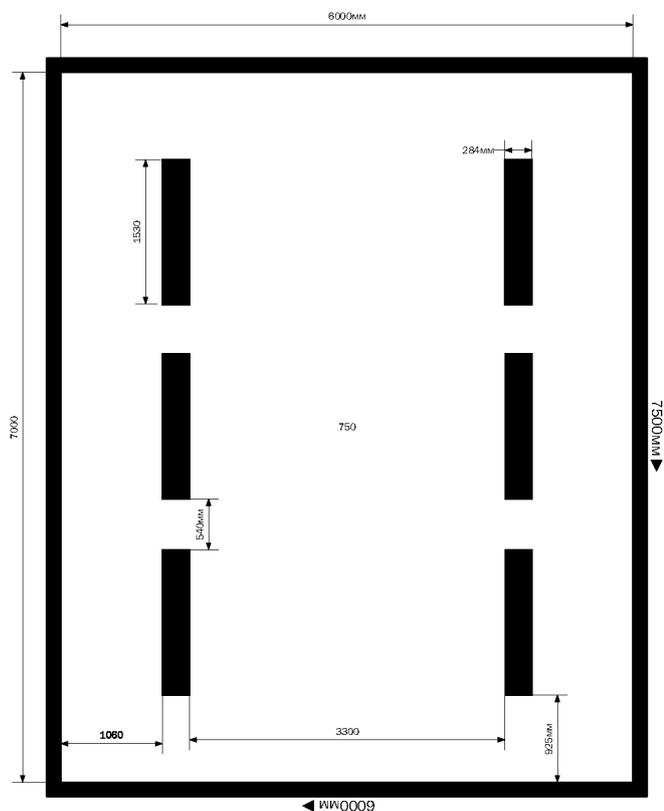


Рисунок 48 - План размещения светильников

Площадь помещения рассчитываем по формуле $S=AB$. Количество ламп в помещении $n = n_{\text{ряд}} n_{\text{свряд}} a$, где $a=2$ количество ламп в светильнике

$$n = 2 \times 3 \times 2 = 12 \text{ ламп} \quad (12)$$

Для определения коэффициента использования светового потока необходимо знать индекс помещения i , значение коэффициентов отражения стен ρ_c , потолка $\rho_{\text{п}}$ и тип светильника.

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = 1,269 \quad (13)$$

$\rho_c = 70\%$ - свежепобеленные стены.

$\rho_{\text{п}} = 70\%$ - свежепобеленный потолок.

По таблице определили $\eta=51\%$.

Тогда световой поток равен:

$$F = \frac{300 \times 1,5 \times 45 \times 0,9}{12 \times 51} = 2977,94 \text{ лм} \quad (14)$$

Отталкиваясь от силы светового потока, была выбрана ЛД лампа на 80 Вт имеющая силу светового потока $F_{\text{л}}=3440$ лм. Для правильности выбора:

$$-10\% \leq \frac{F_{\text{л}} - F}{F_{\text{л}}} \times 100\% \leq 20\% \quad (15)$$

Подставим значения:

$$-10\% \leq 13,43\% \leq 20\% \quad (16)$$

На основании этого делаем вывод делаем вывод лампа подобрана правильно.

3.2 Инструкция по технике безопасности при выполнении работ на стенде (на основе типовой разработать адаптированную с учетом специфики стенда и выполняемых на нем операций/действий)

В едином перечне продукции, в отношении которой устанавливаются обязательные требования в рамках Таможенного союза, присутствуют пункты: «оборудование, работающее под избыточным давлением» и «сосуды, работающие под давлением». Соответствующие требования установлены ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением».

Сосуды под давлением являются техническими устройствами, эксплуатация которых делают производственный объект опасным. С авариями сосудов под давлением связано большое количество несчастных случаев, поэтому на их проектирование, устройство, изготовление, реконструкцию, наладку, монтаж, ремонт, техническое диагностирование и эксплуатацию в большинстве стран мира накладывается ряд ограничений.

В России обязательны Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», а также ряд других отраслевых документов, действие которых ограничено своей специфической областью (например «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок», «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, для объектов использования атомной энергии» и др.). Эти и другие государственные документы устанавливают границы параметров содержащихся в сосуде веществ, превышение которых причисляет сосуд к опасным, в общем случае, как:

1) вода с температурой выше 115 °С или другие нетоксичные, невзрывопожароопасные жидкости при температуре, превышающей температуру кипения при давлении 0,07 МПа;

2) пар, газ или токсичные взрывопожароопасные жидкости с давлением свыше 0,07 МПа;

3) сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа.

Требования к оснащению

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуда в зависимости от назначения должны быть оснащены:

- 1) запорной или запорно-регулирующей арматурой;
- 2) приборами для измерения давления;
- 3) приборами для измерения температуры;
- 4) предохранительными устройствами;
- 5) указателями уровня жидкости.

Контроль сварных соединений

Организация-изготовитель (доизготовитель), монтажная или ремонтная организация обязаны применять такие виды и объёмы контроля своей продукции, которые гарантировали бы выявление недопустимых дефектов, её высокое качество и надёжность в эксплуатации. Контроль качества сварки и сварных соединений должен включать:

- 1) проверку аттестации персонала;
- 2) проверку сборочно-сварочного, термического и контрольного оборудования, аппаратуры, приборов и инструментов;
- 3) контроль качества основных материалов;
- 4) контроль качества сварочных материалов и материалов для дефектоскопии;
- 5) операционный контроль технологии сварки;
- 6) неразрушающий контроль качества сварных соединений;

- 7) разрушающий контроль качества сварных соединений;
- 8) контроль исправления дефектов.

Государственный надзор

Сосуды, на которые распространяются российские государственные правила, до пуска их в работу должны быть зарегистрированы в органах Ростехнадзора России, кроме специально оговоренных случаев, на основании письменного заявления владельца сосуда; при перестановке сосуда на новое место или передаче сосуда другому владельцу, а также при внесении изменений в схему его включения сосуд до пуска в работу должен быть перерегистрирован в органах Ростехнадзора России.

Кроме того сосуды, на которые распространяется действие государственных правил, должны подвергаться техническому освидетельствованию после монтажа, до пуска в работу, периодически в процессе эксплуатации и в необходимых случаях — внеочередному освидетельствованию с участием специалиста организации, имеющей лицензию Ростехнадзора России (если сосуд зарегистрирован). Объём, методы и периодичность технических освидетельствований сосудов (за исключением баллонов) должны быть определены изготовителем и указаны в руководстве по эксплуатации. В случае отсутствия таких указаний техническое освидетельствование должно проводиться в соответствии с требованиями государственных правил.[8]

3.3 Общие требования безопасности к лабораторному стенду

1. Лаборатории кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники АмГУ служат для учебных целей, а также для проведения научно-исследовательских работ

2. Ответственными за технику безопасности в лабораториях во время учебных занятий являются преподаватели, ведущие лабораторные работы со

студентами, а при выполнении научно-исследовательских работ руководители соответствующих тем работ.

3. К работе на учебных и научно-исследовательских установках допускаются лица, изучившие настоящую Инструкцию, о чем должна быть дана расписка в журнале инструктажа.

4. Пользователи лабораторным оборудованием обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. Помещение с лабораторным оборудованием должно быть оснащено двумя углекислотным огнетушителем и автоматической системой пожарной сигнализации.

5. О каждом несчастном случае с работающим на оборудовании пострадавший или очевидец несчастного случая обязан немедленно сообщить администрации АмГУ*

При выявлении неисправности оборудования, работающие на нем обязаны прекратить работу и сообщить администрации АмГУ о такой неисправности.

6. В процессе работы пользователи лабораторным оборудованием должны соблюдать правила использования средств индивидуальной и коллективной защиты, соблюдать правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место-

7. В процессе работы неукоснительно выполнять все указания преподавателя, руководящего занятиями, и обслуживающего персонала лаборатории в части соблюдения правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок

3.3.1 Требования безопасности перед началом работы

Работающие на оборудовании обязаны:

1. Тщательно проветрить помещение с лабораторным оборудованием, убедиться что микроклимат в помещении находится в допустимых пределах:

температура воздуха в холодный период года 22-24⁰С, в теплый период года – 23-25⁰ С, относительная влажность воздуха – 40 - 60⁰.

2. Убедиться в наличии защитного заземления оборудования

3. Вначале занятия ознакомиться с приборами и оборудованием, необходимым для выполнения лабораторной работы.

4.Получив разрешение преподавателя, собрать схему. При сборке схемы все соединительные провода необходимо надежно закреплять, чтобы после включения в схему напряжения не произошло обрыва или отсоединения провода.

5.Пользоваться только исправными проводами, с хорошо закрепленными наконечниками.

6. Предъявить собранную схему на проверку преподавателю.

7. Подать напряжение в схему студенты имеют право только с разрешения преподавателя. За самовольное включение схемы под напряжением студент отстраняется от дальнейшего выполнения лабораторных работ и несет дисциплинарное взыскание.

3.3.2 Требования безопасности во время работы

1. Выполнять работу в строгом соответствии с указанием соответствующего методического пособия.

2. Запрещается передвигать приборы и электротехнические устройства, находящиеся под напряжением.

3. Не допускать перегрузки агрегатов приборов, строго следить за их показаниями, которых не должны отличаться от номинальных, указанных в методическом пособии.

4. В случае появления неисправности (перегрев, искрение± отклонение показания прибора от нормы и т.д.) немедленно отключить установку от сети и поставить в известность преподавателя.

5. Когда схема находится под напряжением, ни в коем случае нельзя касаться токоведущих частей (клемм, проводов и т.д.)

6. Если в процессе лабораторной работы требуется проводить какие-либо присоединения в схеме, то необходимо сначала обесточить схему, убедиться* что все приборы находятся в отключенном состоянии, а затем приступить к работе,

7. После выполнения требуемых присоединений повторно представить схему на проверку преподавателя, который после проверки подает в схему напряжение. Студентам включать схему самостоятельно после вынужденных соединений категорически запрещается.

8. При использовании измерительным прибором, оборудованным специальными щупами (например: щуповой вольтметр на лабораторных работах по трехфазным цепям), щупы надо держать за изоляционные детали, ни в коем случае не дотрагиваться до оголенных концов, щупов, которые при присоединении их к токоведущим частям схемы, находятся под напряжением,

9. Если в процессе выполнения работы# появляется необходимость сделать перерыв н работе (например, для вычисления промежуточных результатов, выявления дальнейшего хода лабораторной и кд.), необходимо сначала обесточить схему, отключив ее от сети, а затем заниматься нужными вычислениями. Перед последующей подачей в схему напряжения студент, включающему стенд в сеть необходимо обратить на это внимание всех членов бригады и затем со словами «включаю» произвести включение цепи.

10. Студентам, выполняющим лабораторные работы запрещается переходить от одного стенда к другому, заниматься посторонними разговорами и другими делами, не касающимися выполнения лабораторной работы

3.3.3 Требования безопасности по окончанию работы

1. После проверки преподавателем полученных результатов, разобрать схемы

2. Установить на положенные места приборы, измерительные средства, мебель (табуреты), навести порядок и чистоту на рабочем месте.

3. Сдать лабораторную работу, сдать методические указания и монтажные провода.

3.3.4 Требования безопасности в аварийных ситуациях

1. В случаях возгорания сетевых и монтажных проводов, агрегатов и приборов немедленно:

- отключить установку от сети (выключатели, автоматы, рубильники); - приступить к тушению пожара имеющимися средствами;

- при необходимости вызвать пожарную команду по телефону 02.

2. При поражении пользователя электрическим ТОКОМ:

Освободить пострадавшего от действия тока, отключив установку или отделив электрический контакт изолированным предметом от тела пострадавшего. Отключение произвести с помощи ближайшего выключателя, рубильника или иного отключающего аппарата. При этом необходимо следить за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью или с телом пострадавшего, а также под шаговым напряжением.

3. При термических ожогах необходимо наложить на рану стерильную повязку не вскрывать пузырей, не удалять приставшую к обожженному месту канифоль, мастику и т.д. При ожогах глаз, промыть глаза борной кислотой и срочно показаться врачу

4. Уложить пострадавшего, освободить от стесняющей движение одежды обеспечить приток свежего воздуха, а потом положить грелку.

5. Оказать первую помощь пострадавшему, производить искусственное дыхание любым из известных методов и массаж сердца известным методом,

6 Срочно вызвать врача или скорую помощь по телефону 03. При необходимости отправить его в ближайшее лечебное учреждение.[9]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе подробно изучили имитационное моделирование систем управления движением. Была проведена работа в таких программах как MatLab, SolidWorks, Simulink и CoDeSys. В качестве примера сделали рабочую модель руки, которая похожа на оригинал и в точности повторяет его движения. Имитационное моделирование можно использовать в разных сферах, что поможет не использовать какой ни будь стенд или оборудование, а сначала проверить программу на модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыбалев, А.Н. Разработка и эмулирование АСУ ТП с использованием программ разных производителей и типов / А.Н. Рыбалев, Ф.А. Николаец // Вестник Амурского государственного университета. – 2014. – Вып. 65: Сер. Естеств. и экон. науки. – С. 73–82.
2. Ануфриев, И.А. MATLAB7 Наиболее полное руководство / И.А. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова // Спб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.
3. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3 [Электронный ресурс], – 2006. – 158 с. Режим доступа: http://www.kipshop.ru/CoDeSys/steps/codesys_v23_ru.pdf, свободный. .
4. Мусалимов, В.М., Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics) / Г.Б. Заморуев, И.И. Калапышина, А.Д. Перечесова, К.А. Нуждин.: учебное пособие для высших учебных заведений. – СПб: НИУ ИТМО. : 2013. – 114 с.
5. Блинов О.В. Исследование механических систем в среде SimMechanics (MatLab) с использованием возможностей программ трехмерного моделирования / О.В. Блинов, В.Б. Кузнецов / Методические указания для лабораторного практикума по дисциплинам «Теория механических цепей», «Технология системного моделирования», «Моделирование систем», «Динамические модели сложных систем». Иваново, 2012. – 19 с.
6. Использование OPC-сервера 3S Software для подключения контроллеров системы CoDeSys к компьютеру. Методическое пособие. – Режим доступа: <https://forum-ru.codesys.com/download/file.php?id=130> 22.11.2019.

7. Рыбалев, А.Н. Программируемые логические контроллеры и аппаратура управления: лабораторный практикум: учебное пособие./ А.Н. Рыбалев – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2009. – 138с.

8. Рыбалев, А.Н. Инструкция по охране труда при работе на лабораторном оборудовании кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники: инструкция/ А.Н. Рыбалев Ин от 10-2013. – 7с.

9. Сосуд под давлением. Материал из Википедии – свободной энциклопедии .- Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сосуд_под_давлением 01.05.2020.

10. Каплун ,С.А. SolidWorks.Оформление чертежей по ЕСКД : учебное пособие / С.А. Каплун , Т.Ф. Ходякова , И.В. Щекин - SolidWorks Russia. 2009.- 190.

11. David Planchard Official Certified SolidWorks Professional (CSWP) Certification Guide with Video Instruction: SolidWorks 2012-2014 : книга / David Planchard - SDC Publications.2014.- 192

12. Шам Тику SolidWorks: книга / Шам Тику - Dassault Systems SolidWorks Corporation .2005.- 816

13. Коткин, Г. Л. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием Matlab : учебное пособие для вузов / Г. Л. Коткин, Л. К. Попов, В. С. Черкасский. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 202 с

14. Красавин, А. В. Компьютерный практикум в среде matlab : учебное пособие для вузов / А. В. Красавин, Я. В. Жумагулов. – 2-е изд. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 277 с Акопов, А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / А. С. Акопов. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 389 с.

15. Акопов, А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / А. С. Акопов. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 389 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Техническое задание на разработку

Техническое задание разрабатывается согласно требованиям ГОСТ 34.602-89 «Информационная технология».

Техническое задание содержит следующие разделы:

- 1) введение;
- 2) назначение и цели создания (развития) системы;
- 3) характеристика объектов автоматизации;
- 4) требования к системе;
- 5) состав и содержание работ по созданию системы;
- 6) порядок контроля и приемки системы;
- 7) требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие;
- 8) требования к документированию;
- 9) источники разработки.

1) Введение

Данный дипломной проект будет посвящен имитационному моделированию управления движения систем.

Объектом данной разработки является козловой кран.

Модель – это объект, который был создан искусственно с целью упрощенного представления о реальном объекте, процессе или явлении и отражает существенные стороны объекта, который изучается, с точки зрения цели моделирования.

Моделирование – исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя.

Объект, для которого создают его модель, называют оригиналом или прототипом. Модель не является абсолютной копией своего прототипа, а

Продолжение Приложения А

лишь отражает основные его качества и свойства, которые являются наиболее существенными для выбранной цели исследования. При создании модели всегда имеют место определенные допущения и гипотезы. С помощью системного подхода можно создавать полноценные модели.

Исполнители: Алеко М.А , Дорофеева Т.А.

2) Назначение и цели создания (развития) системы

Имитационное моделирование управления систем движения нужно для того что бы изучить движение объекта, как он работает, из чего состоит. Разработка прототипа на основе которого будут создаваться реальные модели объектов, которые будут заменять реальные объекты.

3) Характеристика объектов автоматизации

Козловой кран (КК) – многофункциональное оборудование для различных площадок и объектов, где грузоподъемные работы ведутся постоянно. Козловой кран – это агрегат мостового типа. Горизонтальная балка, по которой перемещается груз – конструктивно относится к мостовой группе подъемных механизмов. Основным отличием является то, что КК может сам передвигаться по рельсам. Усредненный срок эксплуатации козловых кранов – около 20 лет, наработка на отказ $\approx 3\ 000$ циклов.

4) Требование к системе

Нужно что бы моделируемая система была проста и понятна, максимально соответствовала движениям и вела себя, так как объект, который мы моделируем. Система должна реализовать ручное и автоматическое управление.

5) Состав и содержание работ по созданию системы

Разработка трехмерной модели в Solidworks ,перенос этой модели и разработка управляющей программы в Simulink, разработка программы визуализации, апробации, настройка.

6) Порядок контроля и приемки системы

Продолжение Приложения А

Модель козлового крана, которая должна двигаться по трех осям, поднимать предметы. Модель должна двигаться при помощи команд, которые будут задаваться. Руководитель проекта раз в неделю проводит контроль системы , а приемка системы будет не посредственно на защите

7) Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие

Установка программного обеспечения (MatLab (с пакетом Simscape Multibody Link),Codesys), настройка связи, к составу модели есть Solidworks.

8) Требования к документированию

Описание компонентов систем управления, инструкция к запуску модели, общее описание, описание режимов работ (ручного, автоматического).

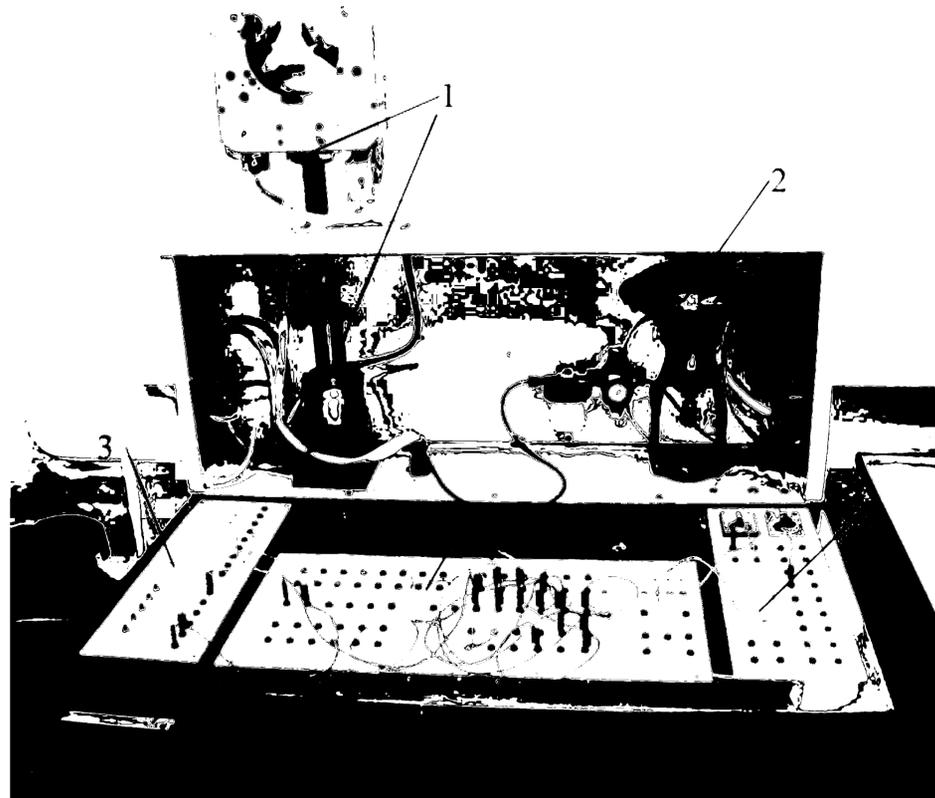
9) Источники разработки

1. Рыбалев, А.Н. Разработка и эмулирование АСУ ТП с использованием программ разных производителей и типов / А.Н. Рыбалев, Ф.А. Николаец // Вестник Амурского государственного университета. – 2014. – Вып. 65: Сер. Естеств. и экон. науки. – С. 73–82.

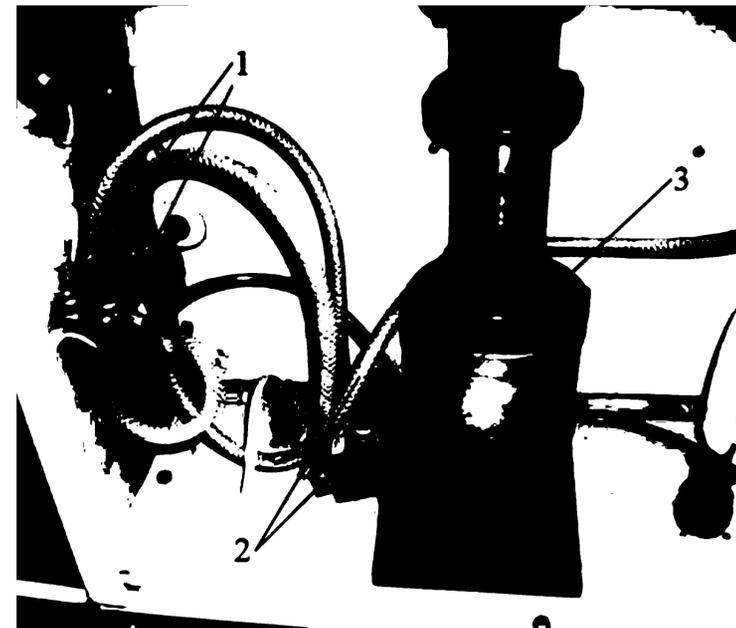
2. Ануфриев, И.А. MATLAB7 Наиболее полное руководство [Текст] / И.А. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова // Спб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

3. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3 [Электронный ресурс], –2006. – 158 с. Режим доступа:

http://www.kipshop.ru/CoDeSys/steps/codesys_v23_ru.pdf, свободный. – Загл. с экрана.



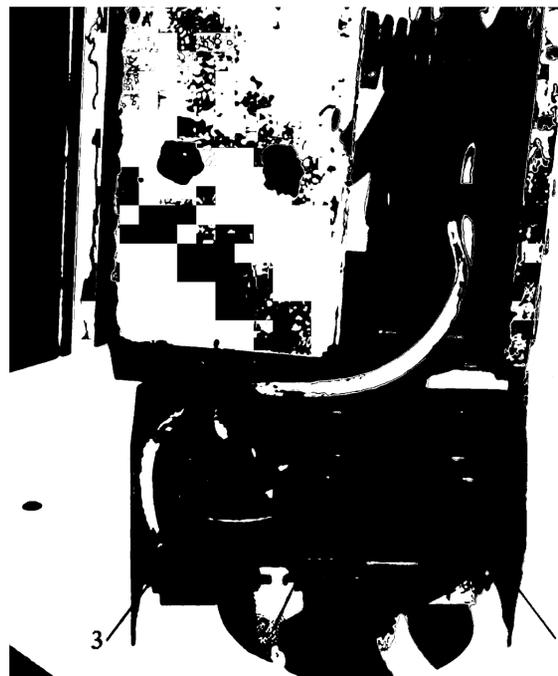
Лабораторный стенд «Пневматические исполнительные механизмы»



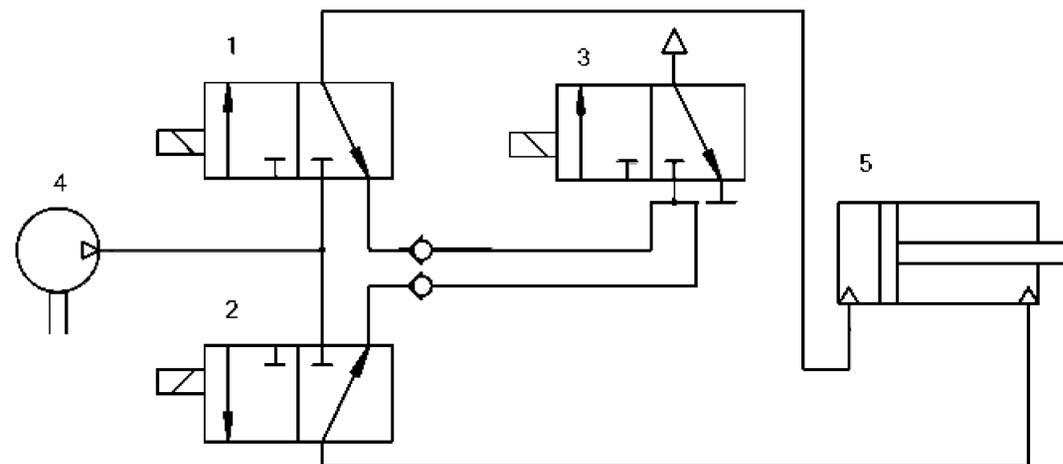
Пневматическая система поворота руки



Компрессорная установка

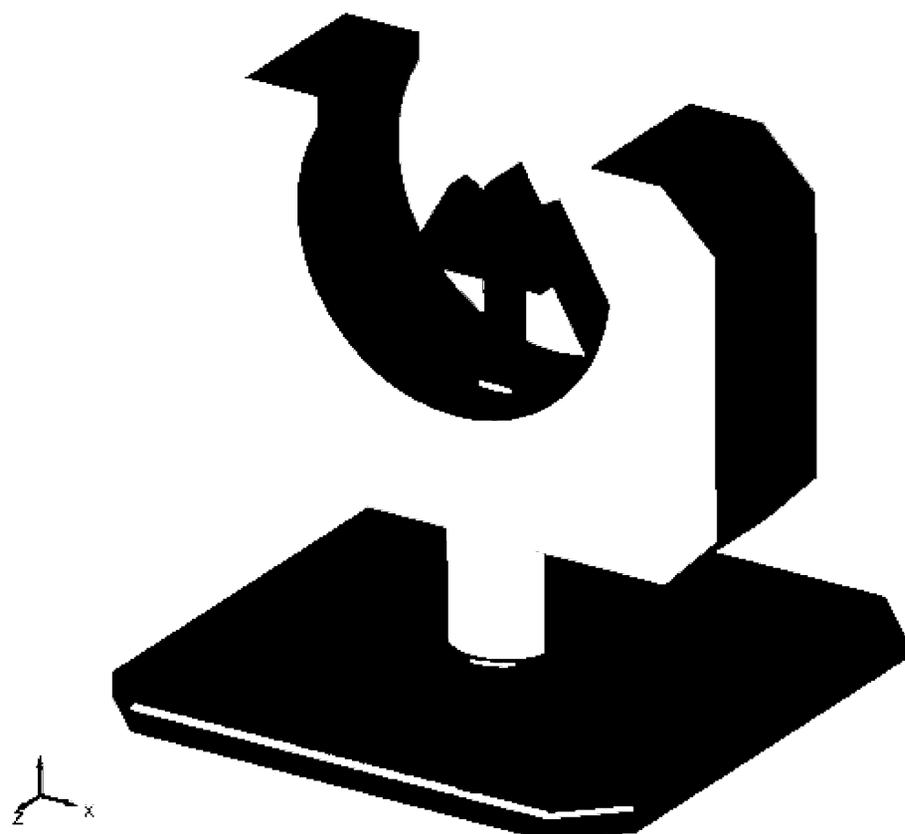


Электропневматические клапаны управления схватом



Пневматическая схема управления цилиндром

				ВКР.164023.15.03.04.СХ		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лабораторный стенд «Пневматические исполнительные механизмы» Разработка имитационных моделей систем управления движением (комплексная выпускная квалификационная работа)		
Разраб.	Дорофеев Т.А.					
Провер.	Рыбалева А.Н.					
Т.Контр.	Рыбалева А.Н.					
Рецензент						
Н.Контр.	Скрипко О.В.			Литера	Масса	Масштаб
Утвержд.	Скрипко О.В.			у		1:1
				Лист 7	Листов 12	
				АМГУ Кафедра АППиЭ		



3D-Модель руки
(Схват сжат)



3D-Модель руки
(Схват разжат)

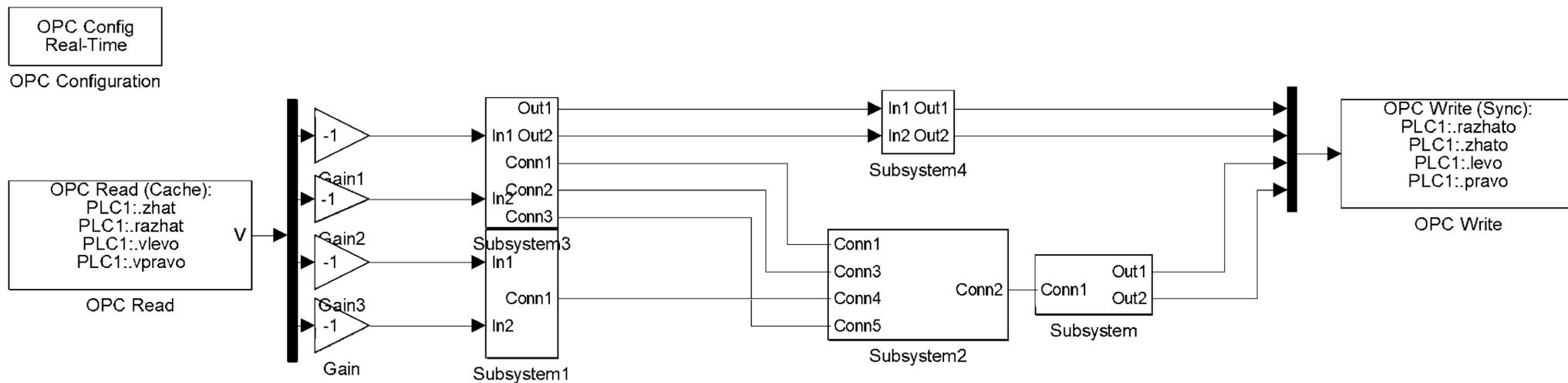
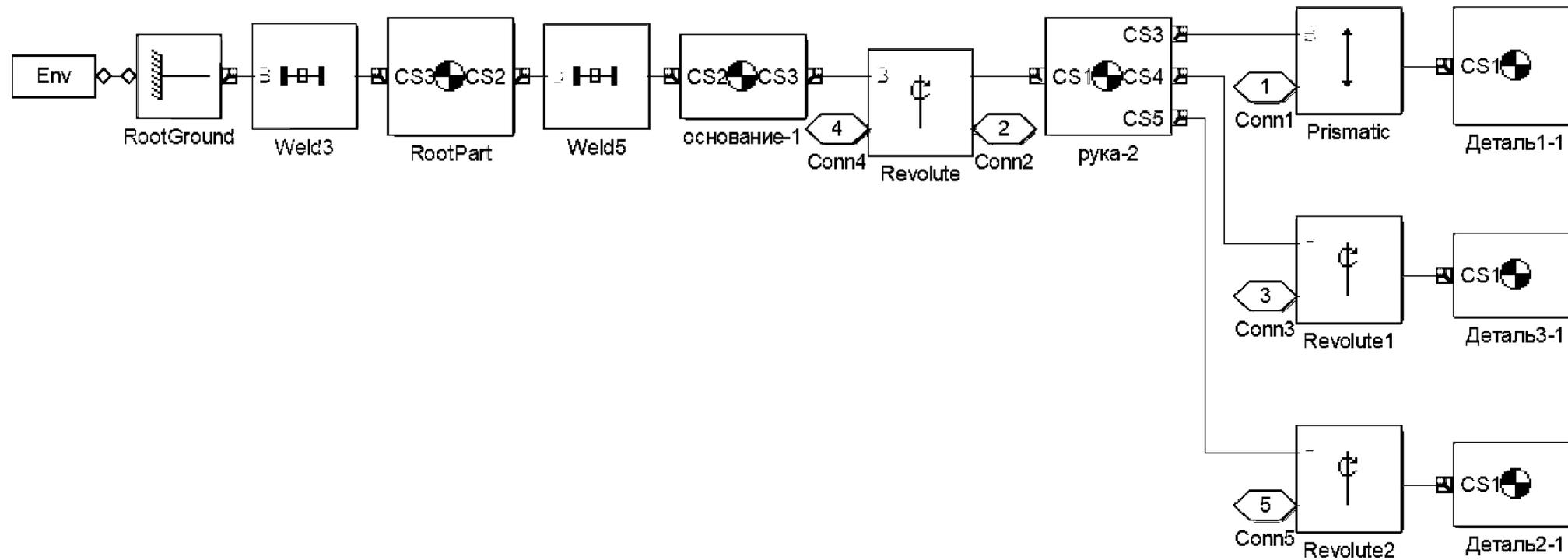
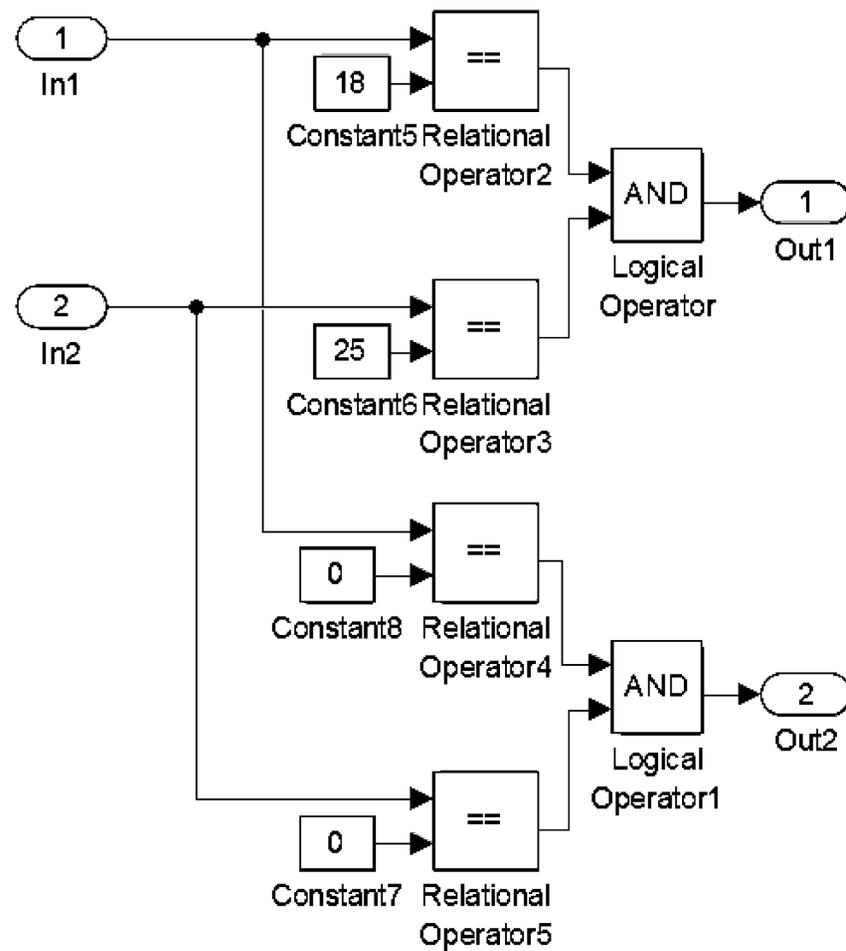


Схема имитационной модели в Simulink

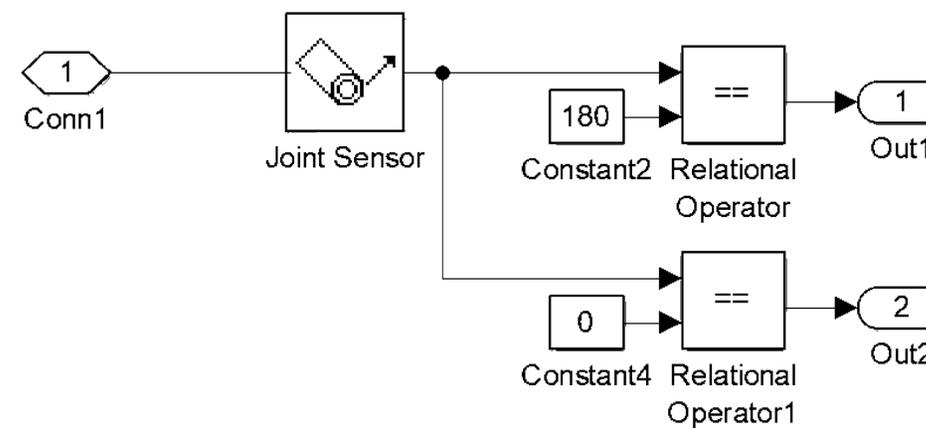
				ВКР.164023.15.03.04.CX		
Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Имитационная модель руки	Литера	Масштаб
Разраб.	Дорофеев Т.А.				у	1:1
Провер.	Рыбалева А.Н.					
Т.Контр.	Рыбалева А.Н.				Лист 8	Листов 12
Рецензент				АМГУ		
Н.Контр.	Скрипко О.В.			Кафедра АППиЭ		
Утвержд.	Скрипко О.В.			Разработка имитационных моделей систем управления движением (комплексная выпускная квалификационная работа)		



Основная часть Simulink Модели
(блок Subsystem2)

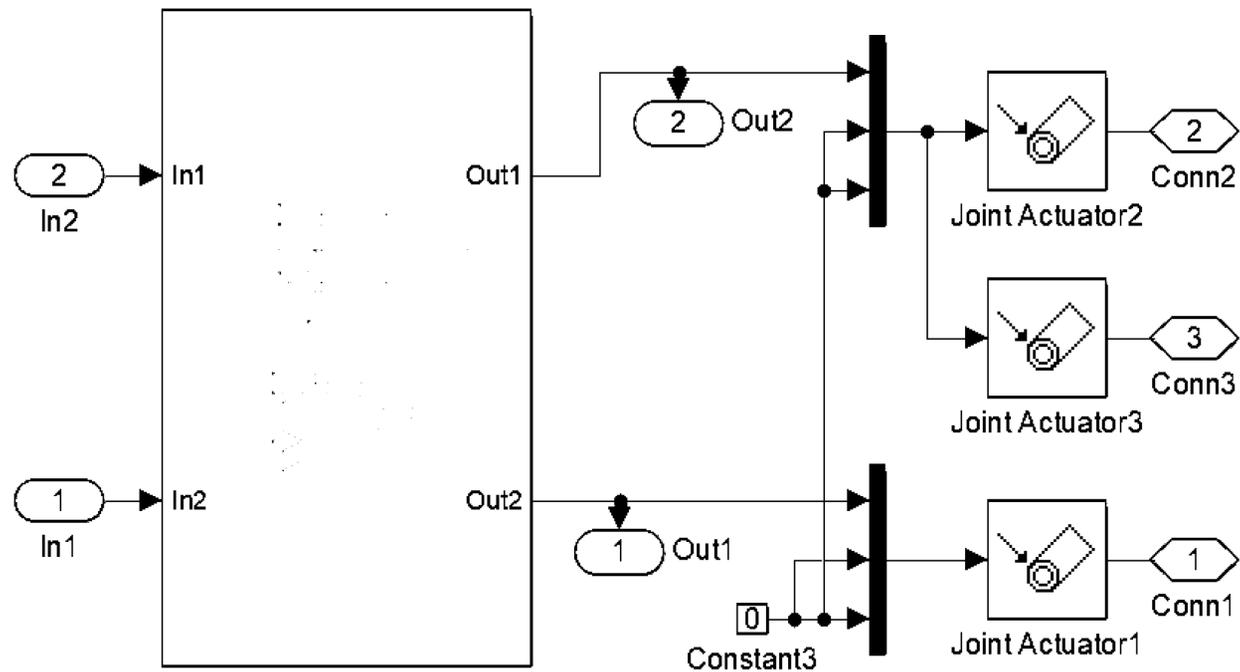


Блок Subsystem4, реализующий концевые выключатели схвата руки

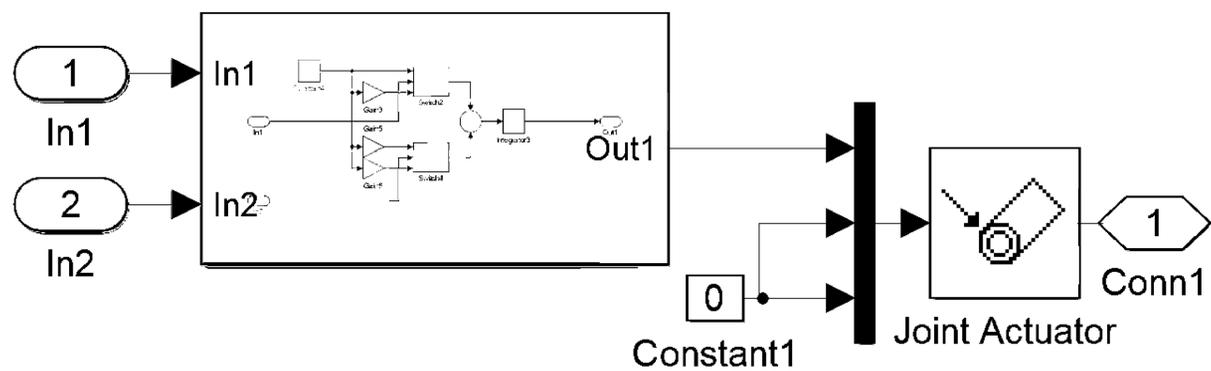
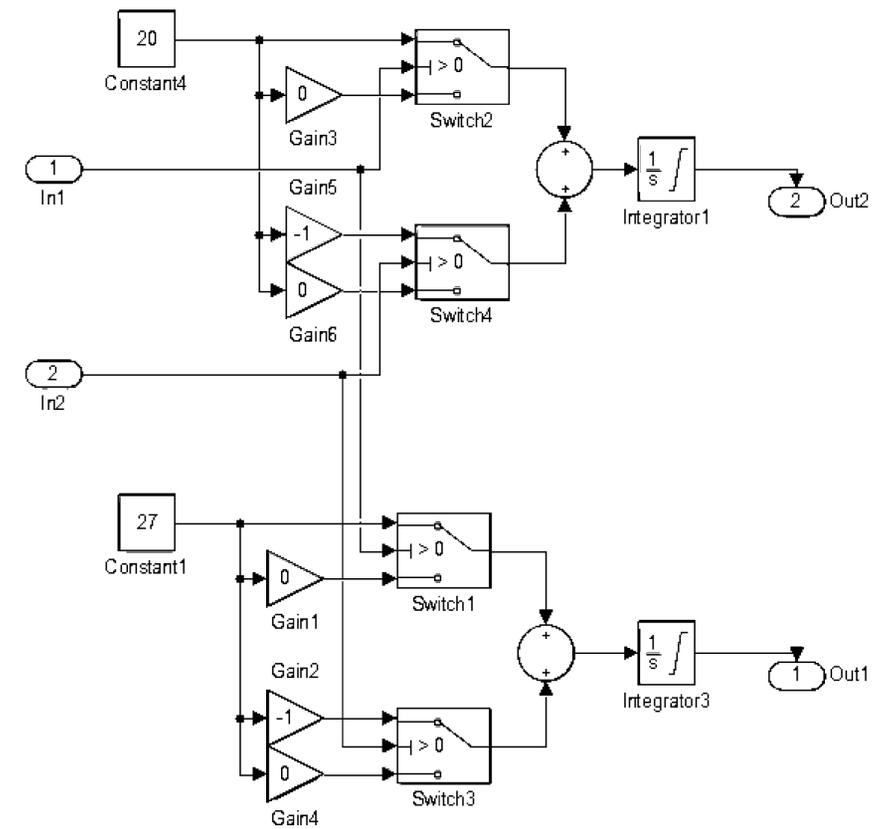


Блок Subsystem, реализующий концевые выключатели поворота руки

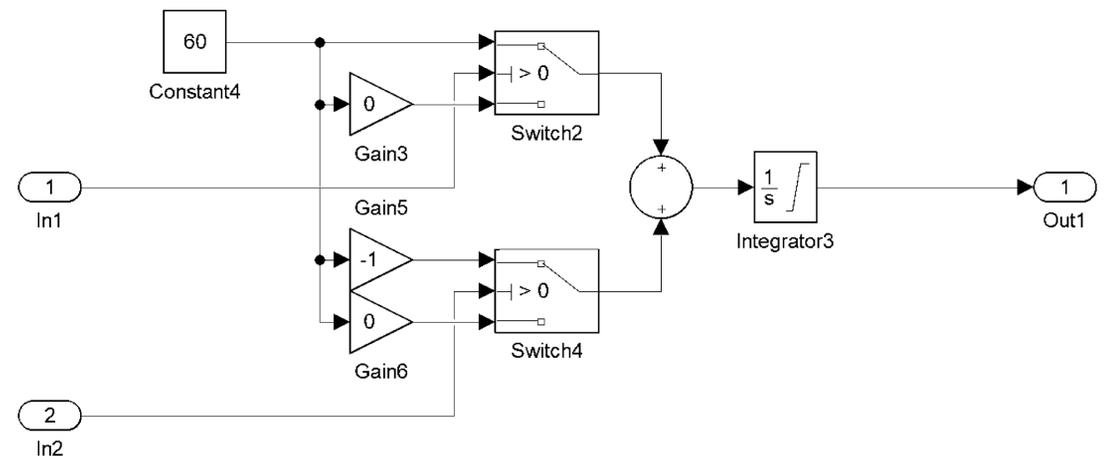
				ВКР.164023.15.03.04.СХ		
Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Дорофеев Т.А.			у		1:1
Провер.	Рыбалева А.Н.					
Т.Контр.	Рыбалева А.Н.					
Рецензент						
Н.Контр.	Скрипко О.В.					
Утвержд.	Скрипко О.В.					
				Simulink модель руки		
				Лист 9 Листов 12		
				Разработка имитационных моделей систем управления движением (комплексная выпускная квалификационная работа)		
				АМГУ Кафедра АППиЭ		



Блок Subsystem3



Блок Subsystem1

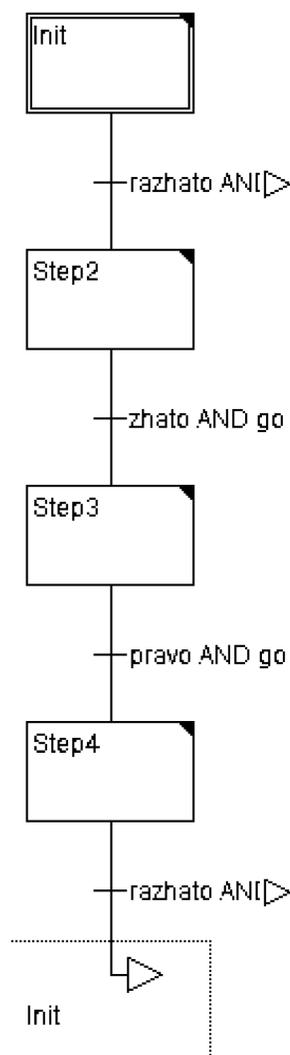


				ВКР.164023.15.03.04.CX		
Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Дорофеев Т.А.			у		1:1
Провер.	Рыбалева А.Н.					
Т.Контр.	Рыбалева А.Н.			Лист 10	Листов 12	
Рецензент				Разработка имитационных моделей систем управления движением (комплексная выпускная квалификационная работа)		
Н.Контр.	Скрипко О.В.			АМГУ		
Утвержд.	Скрипко О.В.			Кафедра АППиЭ		

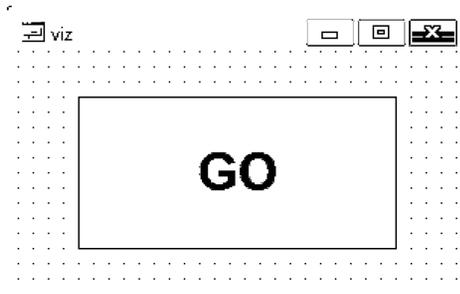
```

prog (PRG-SFC)
0001 PROGRAM prog
0002 VAR
0003 END_VAR
0004

```



Основная программа



Визуализация кнопки запуска программы

```

Global_Variables
0001 VAR_GLOBAL
0002   zhat, razhat, vlevo, vpravo, go, zhato, razhato, levo, pravo:BOOL;
0003 END_VAR
0004

```

Глобальные переменные

```

Действие Init (ST) - prog (PRG-SFC)
0001 razhat:=TRUE;
0002 zhat:=FALSE;
0003 vpravo:=FALSE;
0004 vlevo:=TRUE;
0005

```

Программа блока Init

```

Действие Step2 (ST) - prog (PRG-SFC)
0001 razhat:=FALSE;
0002 zhat:=TRUE;
0003 vpravo:=FALSE;
0004 vlevo:=FALSE;
0005

```

Программа блока Step2

```

Действие Step3 (ST) - prog (PRG-SFC)
0001 razhat:=FALSE;
0002 zhat:=FALSE;
0003 vpravo:=TRUE;
0004 vlevo:=FALSE;
0005

```

Программа блока Step3

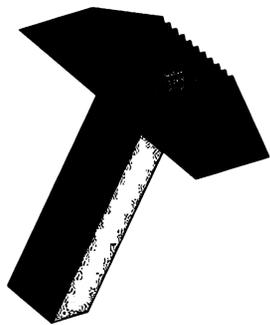
```

Действие Step4 (ST) - prog (PRG-SFC)
0001 razhat:=TRUE;
0002 zhat:=FALSE;
0003 vpravo:=FALSE;
0004 vlevo:=FALSE;
0005

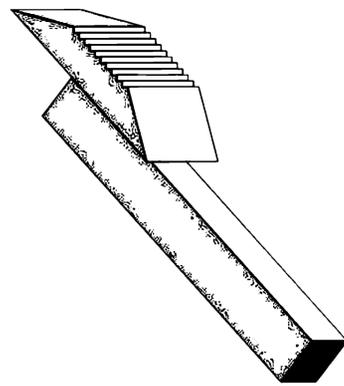
```

Программа блока Step4

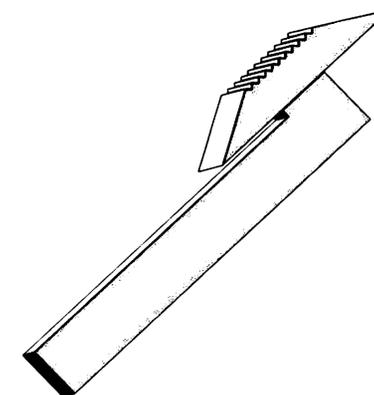
				ВКР.164023.15.03.04.СХ			
Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Программа автоматической работы лабораторного стенда «Пневматические исполнительные механизмы»	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Дорофеев Т.А.				у		1:1
Провер.	Рыбалева А.Н.				Лист 11	Листов 12	
Т.Контр.	Рыбалева А.Н.				АМГУ Кафедра АППиЭ		
Рецензент				Разработка имитационных моделей систем управления движением (комплексная выпускная квалификационная работа)			
Н.Контр.	Скрипко О.В.						
Утвержд.	Скрипко О.В.						



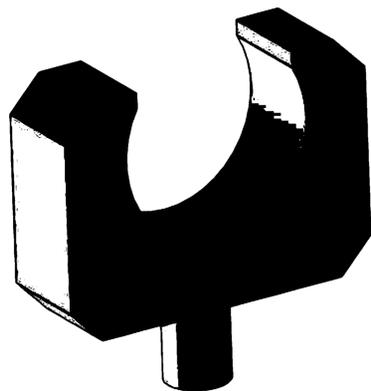
Клешня совершающая поступательные движения по оси Y
1



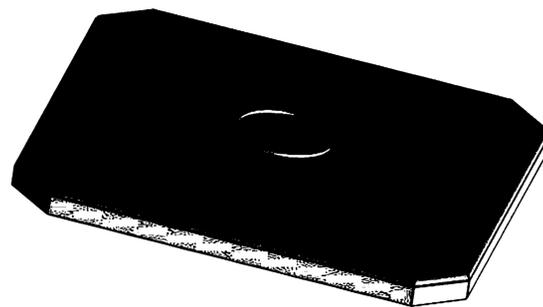
Клешнядвигающаяся по оси Z
2



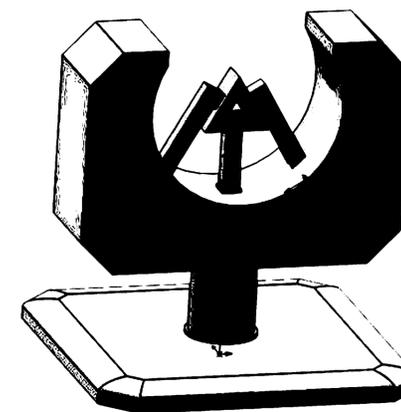
Клешнядвигающаяся по оси Z
3



Кисть вращающаяся по оси Y
4



Основание
5



Сборка руки
7

				ВКР.164023.15.03.04.СХ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Создание 3D-модели руки в SolidWorks	Литера	Масса	Масштаб
		Разраб.	Дорофеев Т.А.			у		1:1
		Провер.	Рыбалева А.Н.					
		Т.Контр.	Рыбалева А.Н.			Лист 12	Листов 12	
Рецензент					Разработка имитационных моделей систем управления движением (комплексная выпускная квалификационная работа)	АМГУ Кафедра АППиЭ		
Н.Контр.		Скрипко О.В.						
Утвержд.		Скрипко О.В.						